昆 虫 学 報
第6卷 第1期 1956年3月

甘蔗螟虫卵赤眼蜂繁殖利用的研究*

蒲蟄龍 鄧德藹 刘志誠 洪福昌 莫禹詩

(華南農学院) (華南農業科学研究所)

甘蔗是我國最重要的糖料作物，种植地區主要分佈於廣东、廣西、四川、福建、雲南、台灣各省。甘蔗各种害虫中以甘蔗螟虫最为普遍，分佈亦最廣。根据現有資料，甘蔗螟虫分佈於廣东、廣西、四川、福建、台灣各省，为甘蔗生產上的一个嚴重問題。

廣州珠江三角洲甘蔗螟虫种類，已發現的有五种：条螟或称斑點螟 (*Diatraea venosata* Wk.)、二點螟 (*Chilo infuscatellus* Snellen)、黄螟 (*Eucosma schistaceana* Snellen)、大螟或称紫螟 (*Sesamia inferens* Wk.) 和白螟 (*Scirpophaga nivella* Fab.)，其中以条螟、二點螟、黄螟最为普遍，大螟在春季和夏季为害秋植蔗，冬季和秋季發現較少。

被甘蔗螟虫侵害的甘蔗，一般表現兩种被害狀：在苗期形成枯心苗，在甘蔗生長的中後期，螟虫進入莖內蛀莖。

在廣东珠江三角洲甘蔗螟虫为害程度，我們曾在廣东省農業試驗場岑村場地做过調查，1953年6月份枯心苗率为9%强，7月份枯心苗率为22%强。根据1954年9月我們在廣东省農業試驗場場地調查結果，甘蔗品种台糖*134*的螟害節百分率是25.55%。

蔗螟为害，造成甘蔗枯心苗，可影响甘蔗生長初期的發育，甚至造成缺株現象。蛀莖之害，能影响甘蔗的生長，並易受風折，減低蔗糖含量和造成甘蔗赤腐病菌入侵的良好条件。

甘蔗螟虫的防治，目前在我國蔗區所用的方法，主要是割枯心苗以除幼虫，或者在拔去枯死心葉後，用鉄線刺斃幼虫，还有局部地區在拔除枯心苗後，用六六六液灌進苗心。这些方法，都能够在蔗苗期治螟發生一定效果，可是对於甘蔗生長中後期的螟害防治，是不能应用的。

从甘蔗生長特性、栽培制度和蔗螟發生規律來看，这一類害虫的防治，是有一定困難的。为了減低防治措施的成本並希望防治效率提高，世界上不少產蔗區，在本世紀

---

* 中南農業科学研究所李映萍同志曾於1954年5月至7月参加本工作。

曾先後試用过赤眼蜂來防治甘蔗螟虫。1921 年 Cleare 氏首先在英屬基阿那 (British Guiana)利用赤眼蜂來防治蔗螟,開始效果很好,但後來防治效能不高。1927年至1932年 Hinds 氏、Spencer 氏、Osterberger 氏和 Dugas 氏等在美國南部先後作赤眼蜂田間防治蔗螟的試驗,收到了一定防治效果。1933 年 Smyth 氏報告秘魯利用赤眼蜂防治蔗螟的結果,認为赤眼蜂可減低蔗螟的为害,甘蔗的蔗糖含量和蔗糖純度都有所增加。1941 年 Jaynes 和 Bynum 氏報告美國南部利用赤眼蜂防治甘蔗螟虫試驗結果,認为这种防治方法,对甘蔗產量和蔗糖產量的增高都不起什麼作用。自此以後,就放棄了赤眼蜂的利用。

另一方面,也有些地方認为赤眼蜂对於蔗螟的防治是有一定效果的。而且还在繼續利用。根据 Issac 氏 1946 年的報告,1942—44 年在印度培育了一億五千万赤眼蜂來防治蔗螟,1944—45 年繁殖赤眼蜂數量超过了三億,用赤眼蜂來防治蔗螟的結果,有些蔗區差不多增加了四分之一的產量。根据 Tucker 氏 1950 年的報告,西印度的巴佩道斯(Barbados)二十年來施用赤眼蜂防治条螟有相当顯著的防治效果。

赤眼蜂的利用,在苏联獲得了优越的成就,赤眼蜂用於冬夜蛾(*Agrotis segetum* Schiff.)、草地螟(*Loxostage sticticalis* L.)、玉米螟(*Pyrausta nubilalis* Hb.)及其他害虫的防治,都有顯著效果。苏联先進的農業生物学理論和農業技術,肯定了赤眼蜂在生產实际的效能,对於赤眼蜂的利用範圍,年有增加,如負責繁殖赤眼蜂的集体農莊生物实驗室,1945 年在烏克蘭地區只有 19 个,以後逐年增加,1953 年計劃增到 350 个。該地區利用赤眼蜂來防治農作物害虫的防治面積,在 1945 年只有一千七百公頃,以後逐年增大,1953 年計劃增大到五十万公頃。这些事例說明了赤眼蜂的利用在社会主义國家的農業生產上佔了一个很重要的位置。

我國研究和利用赤眼蜂,也有相当歷史。祝汝佐、胡永錫(1935)曾作赤眼蜂(*Trichogramma evanescens*)生活史,寄主种類对寄生蜂發育關係和寄生蜂生态学的研究;黎國燾(1936)曾在廣州做了人工繁殖赤眼蜂的試驗,並且做了小規模的田間釋放試驗;張若芷(1947)曾在四川做了水稻螟虫卵寄生蜂(包括赤眼蜂 *Trichogramma japonicum*)的田間保護試驗;蒲蟄龍、陈守堅、洪福昌(1952)在廣州進行甘蔗螟虫卵和水稻三化螟卵赤眼蜂的生活史,室內大量繁殖和赤眼蜂室內寄主大量繁殖的試驗;鄭漢業(1954)在廣东進行水稻三化螟卵寄生蜂(包括赤眼蜂)的田間保護試驗。

本試驗由 1953 年春間開始,試驗範圍包括四部分:(一)赤眼蜂寄主繁殖試驗,(二)赤眼蜂繁殖試驗,(三)赤眼蜂田間放播試驗,(四)甘蔗螟虫田間動态調查。在第四部分的調查过程中,曾就蔗螟的生活習性,另行做了一些試驗,並結合廣东農民防治甘蔗螟

虫總結，提供了一些農業防治和化学防治方法，这些材料刊於1955年廣东農業通訊第十六期，作为目前蔗螟防治的技術指導。

赤眼蜂寄主的繁殖

赤眼蜂在田間寄生在各种甘蔗螟虫卵内，因为赤眼蜂的寄主很多，也可能寄生於田間其他的昆虫卵内，要利用这种寄生蜂，必須設法使蔗田裏的寄生蜂數目，在適当的時候增加起來，使蔗螟卵的寄生率增高，而達到防治目的，如果能够把赤眼蜂用人工繁殖方法大量繁殖起來，在適当時候放到蔗田裏去，自然是增加田間寄生蜂數量的有效办法。为了要大量繁殖赤眼蜂，一定要找到一些適当的寄主，如果用蔗螟卵作为寄主去繁殖，那就太不經济了。而且在繁殖技術上，也是非常麻煩的。所以，决定用那些寄主，倒是赤眼蜂繁殖試驗中一个先决問題。

赤眼蜂的寄主是很多的。根据 Martin 氏 1928 年的報告，赤眼蜂 (*Trichogramma evanescens* Westw.)的寄主達 150 种。祝汝佐、胡永錫(1935)曾經試用多种鱗翅目昆虫的卵給赤眼蜂(*Trichogramma evanescens*)寄生，結果有 14 种昆虫卵可供寄生。廣州甘蔗螟卵的赤眼蜂(經祝汝佐教授鑑定为 *Trichogramma evanescens*)，經初步試驗，也有 17 种鱗翅目昆虫的卵，可供寄生。

根据我們兩年來的試驗結果，認为能够选为繁殖赤眼蜂寄主的昆虫，應該具有下列条件：(1)这种昆虫的卵能够为赤眼蜂所寄生，而且是喜欢寄生的；(2)赤眼蜂在卵內能够順利地發育；(3)卵的內含物对於寄生蜂發育時期的营养質好而量足；(4)卵体積較大；(5)卵壳較坚韌，不易扁縮；(6)寄主產卵量多；(7)寄主食料可整年供应，而且價廉；(8)寄主每年世代數多；(9)易於飼养管理。

關於赤眼蜂寄主的飼养試驗，我們曾用过麥蛾 (*Sitotroga cerealella* Oliv.)、蓖麻蚕 (*Attacus cynthia ricini* Boisd.) 和松毛虫 (*Dendrolimus* sp.) 为試驗对象。灰帶毒蛾 (*Orgyia postica* Wk.)和小地老虎(*Agrotis ypsilon* Rott.)也試育过。現將各种寄主飼育結果如下：

(一)麥蛾繁殖試驗

用麥蛾卵來繁殖赤眼蜂，赤眼蜂的子代小而弱，雄性比率逐漸增高，而且一卵只能繁殖一蜂，卵壳薄易於扁縮，所以麥蛾卵不是繁殖赤眼蜂的优良寄主。但麥蛾每年世代數多，飼料随時随地都能供应，在管理上有一定优點。根据寄生蜂繁殖試驗結果，我們不主張用麥蛾卵作为赤眼蜂繁殖寄主，如果某些地區必需应用的話，一定要設法提高麥蛾的营养，提高麥蛾的生活力，才能用來繁殖赤眼蜂。

我們曾進行过麥蛾大室繁殖和一些繁殖試驗,現將繁殖結果總結地分列如下:

我們曾用由貯藏室改裝的繁殖室兩間,一間容積是 12.57×5.7×8.61 市尺,另一間是 12.6×8.91×8.61 市尺。繁殖室設双層窗門,內層为 20 眼鉄紗窗,外屋为玻璃窗,室外四周有防蟻水渠,气温降低時,用电熱加温,室內裝置膨脹餅式的自動調温器,以調節室温。濕度低的時候,用麻袋鋪地洒水其上,使蒸發以增加濕度。繁殖室內放置繁殖木架,每木架高 6.54 市尺,長 3.37 市尺,闊 1.38 市尺,分成五層,每層斜置無盖淺木箱一个,淺木箱較木架略短窄,高 3.5 市寸(圖 1)。

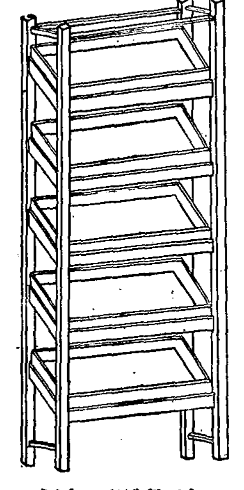


圖1　麥蛾繁殖架

麥蛾的天敌,是麥蛾繁殖的最大障碍,麥蛾在廣州有兩种主要的天敌,一种是寄生蜂(学名待定),一种是蟎(学名待定)。其他倉庫害虫,对於麥蛾繁殖也有妨碍,在繁殖麥蛾前,必需先將全室及所用稻穀加以消毒,我們曾用氰酸气消毒 48 小時,將麥蛾天敌和其他倉庫害虫消滅,然後將麥蛾卵二万五千餘顆陸續移到一个繁殖室的稻穀上,將室温調節到 30°C 左右,相对濕度 80% 左右,一个月後,麥蛾陸續羽化。麥蛾羣落大的時候,許多个体停在繁殖室的牆壁上,每平方市尺可多至 103 头。在繁殖过程中,常洒一些水在稻穀上,使略濕潤,初孵化的麥蛾幼虫容易咬進穀粒去。麥蛾多的時候,就可以大量地採集,放進産卵器內産卵。我們用的麥蛾産卵器,是木或鋅鉄片做成的方形或長筒形的小匣子,容積約 27 立方市寸。匣子的每一端是一片 40 眼的銅紗(圖 2、3)。每个産卵器可容納麥蛾六、七百头。同時放進一些摺縐的蠟光紙,以增加麥蛾的産卵量。根据我們試驗結果,麥蛾在光滑的接觸面上産卵最多,每雌平均産卵可達141枚。每天收集麥蛾卵,供繁殖赤眼蜂用。繁殖所用的卵,以産出後 24 小時以內的最好。在繁殖室內採集麥蛾,我們应用一般採集昆虫标本的吸虫管,將吸虫管連到眞空抽气机去,工作效率很高,用人工吸蛾也可,但效率較低。

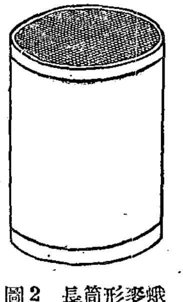


圖2　長筒形麥蛾産卵器

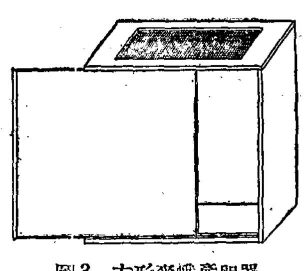


圖3　方形麥蛾産卵器

在麥蛾繁殖过程中,最麻煩的問題,是怎样防止蟎類的大發生。蟎類捕食麥蛾的卵和幼虫,繁殖很快,多的時候,把麥蛾的羣落压到很低。用氰酸气消毒过的繁殖室和稻穀,可殺滅蟎類,可是蟎類体小,可从門窗爬入,也可以附在工作人員衣服上帶進室內,

如果环境適宜，很快就繁殖起來。所以麥蛾室虽然經过消毒，仍然要防止蟎類的發生。根据我們大室試驗的結果，防止蟎類發生最好的办法是降低繁殖室的濕度，在相对濕度90％以上的時候，蟎類發生很快，如果把濕度降到80％，蟎類羣落就很快降低。

麥蛾發育速度和温濕度有很大關係，根据我們的試驗結果，在平均温度27°C，相对濕度80％的時候，一世代需時約30天；平均温度30°C，相对濕度79％時，一世代需時約23—26天。在大室繁殖过程中，如果能够將室温固定到30°C，相对濕度80％，麥蛾在一个月以內就能完成一个世代。

作为飼料的穀物种類和麥蛾的發育有很大關係。根据我們試驗的結果，用稻穀或麥子來繁殖麥蛾，羽化率高(50％以上)，每世代需時約30天(平均温度26°C，相对濕度80％)。用玉米繁殖出來的麥蛾个体較大，產卵量較多，發育時間也相差不远，可是羽化率較低，僅8％左右，羽化率低的緣故，和所用的玉米含水量低有很大關係。这三种穀物都能够作为繁殖麥蛾的飼料。

(二)蓖麻蚕繁殖試驗

蓖麻蚕是一种益虫，有很大的經济價值。蓖麻蚕的卵也是繁殖赤眼蜂的优良寄主。蓖麻蚕的飼料主要是蓖麻葉，蓖麻樹在廣州的冬季裏也不落葉，所以，在廣州整年飼育蓖麻蚕，是沒有困难的。蓖麻蚕的飼育，近來經过中國科学院实驗生物研究所的同志們一系列的研究，飼育上所遇到的問題，都基本上得到了解决。

作为赤眼蜂寄主的蓖麻蚕的繁殖有兩个方向：(一)飼育出生活力强的个体，因为生活力强，一般產卵量較多，而且卵的質也好，用來繁殖赤眼蜂，質量都可提高。(二)培养寄主要節省劳力，因为培养寄生蜂工作，要兼顧兩种昆虫的繁殖，自然以節省劳力为宜。但在節省劳力条件下，必須照顧到生活力問題。跟着这兩个方向，我們曾根据中國科学院实驗生物研究所的蓖麻蚕飼育要點，做了一些飼养試驗，結果，以全葉插水飼育法，能够達到上項目的。我們用的蚕座，是長方形木箱(圖4)，該箱長55厘米，高16厘米，闊40厘米，上有鉄紗網盖，箱的一端底部有一小縫，並有可開閉的小盖，木箱底有六片可轉動的圓形鉄片，每片有大小不同小孔4个，木箱下有六个小架，每架放置竹筒一个。在养蚕室內有特製的木架，可容木箱16个，箱放在架上，稍傾斜，养蚕時，竹筒盛水，蓖麻葉柄由箱內轉動鉄片的孔插到竹筒裏去，鉄片上各种大小不同的孔，是適合於調節插葉數量的多少。从蓖麻蚕第一齡起就用全葉插水飼育，第一齡蚕用嫩一些的葉子。由一齡至五齡，每天只换葉一次。蚕沙因飼育箱有一定斜度，有一部分能自動落到箱的小縫，如不能自動落下的，

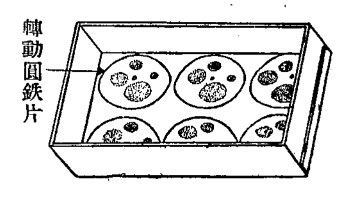


圖4　飼育蓖麻蚕的蚕座

可用手輕拍箱底，即可落下。在除沙方面是很方便的，在一切管理方面都節省人力。我們做了一次全葉插水飼育及每天給葉四次的飼育比較試驗，現將兩种飼育方法，試驗結果列於表1。

表1　蓖麻蚕全葉育和換葉育的比較

飼育方法	飼育蚕數	上簇百分率	羽化百分率	平均每雌產卵數	平均每繭重(克)	平均每空繭重量(克)
全葉育(每天換葉1次)	460	98.9	99.1	395.1	2.48	0.344
每天換葉4次	90	87.7	97.4	289.6	2.46	0.340

由上述試驗結果，用全葉插水飼育法，养出來的蚕生活力强，人力也大大地節省。这种方法，我們正在試驗应用，还希望能够不断改進提高。

用蓖麻蚕卵來繁殖赤眼蜂，經过了多次試驗，效果很好。蓖麻蚕是为人類所利用的一种益虫，利用它的卵來繁殖赤眼蜂是否影响其繁殖飼育，这倒是要解决的一个問題。根据我們一年來的观察，在一个室的外面去釋放赤眼蜂，它們不会飛進室內來的。因为赤眼蜂有趨光性，不会飛向黑暗的地方，蓖麻蚕的製种是在室內進行，如果室內光線不特别强，赤眼蜂不会跑到室內去寄生它們的卵，而且蓖麻蚕卵小，很容易保護，放在較密閉的小皿中，赤眼蜂便找不到卵而無法寄生。蓖麻蚕製种的時候，一般只要头兩天所產的卵，实在可用以繁殖赤眼蜂以後數天的卵就等於廢料。所以，飼养蓖麻蚕和繁殖赤眼蜂可以結合進行，对於这兩种有益昆虫的利用價值，都能够提高。

(三)松毛虫繁殖試驗

松毛虫在廣州，每年發生四代至五代。因为在自然界代數相当多，而且世代疊置，如果在自然界經常發生到一定數量，可以由野外採卵回來作赤眼蜂繁殖之用。採蛾回來產卵，採蛹回來化蛾產卵，甚至採老熟幼虫經短時間飼育，也很方便。在廣州，松毛虫可算是繁殖赤眼蜂的一个很好寄主。但松毛虫天敌很多，1954年第四代松毛虫羣落大減，絕大多數受寄生蝇寄生，如果遇到这种情况，在野外採集松毛虫來繁殖赤眼蜂，就要受到一定限制。

用松毛虫卵作为赤眼蜂寄主，需具有前述八項条件，为了進一步测定是否容易在养虫籠內大量繁殖，我們曾進行过一些試驗。养松毛虫的籠子高2市尺，長闊各1.4市尺，籠底裝置一塊鉄紗網，其下有一抽屜，使虫糞經鉄網落於抽屜內，以便清除。飼养松毛虫的松枝，插在濕潤的泥土能保持青綠達四、五天(平均温度26°C，濕度86%左右)。插在水中能保持青綠2—3天，不插在水中的，兩天就会枯黃。換松葉時，將鮮葉放進育虫

籠內，松毛虫就会由舊葉爬到鮮葉去。幼虫化蛹後，將蛹收集放入羽化產卵箱內(圖5)。箱長 44 厘米，闊 30 厘米，高 20 厘米。上面是一層鉄紗，下面有一个小抽屜，箱內有一隔板，露出一条 2—3 厘米闊的小縫。抽屜內放虫蛹，蛾羽化後，由小縫爬到箱的上層，交尾產卵。为易於收集蛾卵，可在上層鉄紗孔內插上松針，雌蛾即在松針上產卵成串。

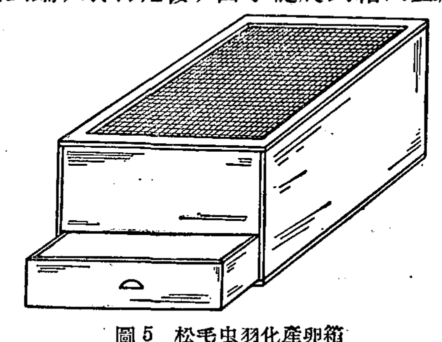


圖 5　松毛虫羽化產卵箱

在养虫室裏飼养的松毛虫，我們曾观察1954年4月至6月的一个世代的經过。这个世代內的平均温度是 25.5°C，平均濕度是 88%。卵期 5—7 天，幼虫期 41 天，蛹期 14 天，一世代經过共 62 天。6 月以後，气温逐漸昇高，每世代新經的日數也少了些。松毛虫的飼养工作，由 1954 年起繼續進至1955 年。

在一年來松毛虫大量飼育过程中，曾遭遇到下列的困难：

1. 养虫室內用养虫籠來飼育松毛虫，很容易發生一种病毒病，因病致死的曾達90%以上。如果一个养虫籠內的虫數过多，尤易發病。

2. 在养虫籠內飼育，松毛虫幼虫很容易逃逸，如果养虫籠不够緊密，就会越縫而出。

3. 松毛虫蛾子的鱗毛，对人的眼睛、鼻膜和喉头都有刺激作用，对於收集蛾子的工作頗有妨碍。松毛虫幼虫和附在蛹上的剛毛，对於皮膚也有刺激，不能時常用手去捕捉。

4. 松毛虫最後一代的幼虫，由 9、10 月直到第二年 3、4 月才化蛹变蛾。把冬日的幼虫在調温室內加温繁殖(加到 22°C 左右)，也能够取食和發育，可是發育得很慢，飼养了 60 多天，絕大多數幼虫，还是和原來大小差不了許多，而且，病毒病仍陸續發生。

由上列情況看來，松毛虫还要經过一番的人工飼育馴化，才能够在室內穩定地建立大量羣落。

(四)灰帶毒蛾的飼育

灰帶毒蛾的食性很複雜，蓖麻 (*Ricinus communis* L.)、鳳凰木 (*Delonix regia* Raf.)、洋紫荊(*Bauhina variegata* L.)、梅樹 (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.)、美人蕉 (*Canna indica* L.) 都是被害对象。灰帶毒蛾每雌蛾產卵約 400 枚，雌虫無翅，处理容易，所產的卵也容易收集，赤眼蜂也很願意寄生。羽化出來的蜂，生活力还高。灰帶毒蛾卵較小，每卵平均只能羽化赤眼蜂 4 个，且卵壳較薄，容易縐縮。在室內飼育灰帶毒蛾，幼虫罹病很多(病原未明)。因疾病關係，不能完成一个世代的飼育，要建立灰帶毒

蛾大量孳落以作赤眼蜂寄主,还要作進一步的研究。灰帶毒蛾在自然發生多的時候,可採集供赤眼蜂繁殖之用。

(五)小地老虎的飼育

小地老虎在深秋和初冬的時候,很容易在綠肥田裏找到幼虫。幼虫居土內,並在土內化蛹。每雌蛾產卵600—700枚,在平均溫度20—25°C,和濕度60—90%下,每世代經过日數为35—40天。在实驗室情况下,夜蛾卵容易为赤眼蜂所寄生,羽化出來的赤眼蜂生活力頗强,但以虫卵較小,每卵平均只能寄生2个赤眼蜂,且卵壳較薄而較易縐縮。在飼育过程中,幼虫罹病毒病,死亡率高。在小地老虎盛發的時候,可掘取老熟幼虫或虫蛹,化蛾後產卵以供赤眼蜂寄生。

上述五种繁殖赤眼蜂的寄主,以蓖麻蚕的优點最多,飼养容易,飼料終年不缺,每卵能繁殖許多赤眼蜂,而且能保持一定的生活力,卵耐冷藏。松毛虫作为赤眼蜂繁殖寄主,也有和蓖麻蚕一样优點,只是松毛虫較难飼育。麥蛾的繁殖飼育,是这五种寄主中最簡單的一种,但麥蛾卵小,一卵只能繁殖一蜂,而且使赤眼蜂的生活力容易減低,卵也不耐冷藏。灰帶毒蛾和小地老虎在飼育过程中,容易得病,死亡率高,利用困难。

在我們試驗过程中,曾發現一种現象,就是用蓖麻蚕繁殖了四代的赤眼蜂,不大喜欢寄生蔗螟卵,但喜欢寄生松毛虫卵。这个現象,只是初步观察出來,要作進一步的試驗才能够確定,如果肯定有这个現象,則繁殖赤眼蜂寄主选擇問題更要複雜了。

赤眼蜂繁殖試驗

如欲成功地利用赤眼蜂來消滅害虫,在人工繁殖的技術方面,應該掌握三个基本条件:

(一)能夠在短期內繁殖和積累大量的寄生蜂

作物害虫開始在產卵的時候,就要在田間有計劃地施放赤眼蜂,給予害虫卵致命的打擊。根据我們調査甘蔗螟虫田間動态的結果,在廣州4月間蔗螟開始產卵,这个時期的蔗螟卵自然寄生率,一般都比較低,所以在4月裏就應該開始有計劃地在蔗田裏施放寄生蜂來防治蔗螟,在4月以前應該貯备足够的赤眼蜂,以备有計劃地在田間施放。積累寄生蜂數量的办法,不能依靠無限制地用人工作多代的長期繁殖,尤其是不應該在室內定溫定濕条件下去繁殖,所以,在短期內積累足量的赤眼蜂是必要的。

(二)人工繁殖的赤眼蜂,要保証具有高度的生活力

寄生蜂的生活力,是利用赤眼蜂成功与否的一个决定因素,在人工繁殖的过程中,應該掌握提高赤眼蜂生活力的方法,人工繁殖赤眼蜂的生活力,可用四种标準去衡量:

(1)繁殖能力，(2)蜂体大小，(3)成虫寿命，(4)能適应田間环境。只有繁殖出高度生活力的赤眼蜂，在害虫防治的实施，才有把握。

(三)人工繁殖的赤眼蜂，要保証雌蜂的性比率不降低

田間害虫的卵，受赤眼蜂雌蜂產卵寄生而死。在自然界，由黃螟卵羽化出來的赤眼蜂雌雄比是 2.5:1，由条螟卵羽化出來的是 3.5:1。雄蜂的數量在自然界原比雌蜂少，理論上，如果我們想赤眼蜂在田間能够歼滅更多害虫，在施放寄生蜂的時候，人工繁殖寄生蜂的雌蜂性比率不应比自然界的低，所以，在人工繁殖过程中，应該設法控制赤眼蜂出現我們所要求的雌雄比率，才能够發揮其田間寄生效能。

關於赤眼蜂人工繁殖的試驗，我們以提高其生活力和保持自然界雌性比率为中心。現將各試驗進行情況及結果，分述如下：

1. 甘蔗螟卵赤眼蜂的一般生活史观察

在蔗田裏，終年都可以找到寄生在蔗螟卵內的赤眼蜂，这种赤眼蜂，除蔗螟卵外，在实驗室裏，还可以寄生多种鱗翅目昆虫的卵。

赤眼蜂的卵期、幼虫期和蛹期都是在寄主卵內度过的，根据我們的观察，在平均温度 27.6°C 及相对濕度 85% 的条件下，以松毛虫卵为寄主的赤眼蜂，卵期 1 天，幼虫期 3 天，蛹期 4 天，發育週期共 8 天。發育到第五天，開始進入蛹期，此時寄主卵壳顏色变深，並有黑褐色斑點，寄主卵壳变色的程度，因寄主种類不同而有所差異。寄主卵的变色，是赤眼蜂幼虫進入蛹期的一个标誌。雌雄蜂羽化後，即行交尾，交尾時間由數秒鐘至十餘秒鐘，交尾後，遇寄主卵即行產卵。每雌繁殖能力，在室內飼养情況下，因营养及寄主卵之不同而異，子代蜂數，可由 1—112，一般为 48 个。成虫寿命，如果沒有供給飼料，在室內約为兩天。

赤眼蜂發育週期的長短，和温濕度有很大關係，在平均温度 22—25°C，相对濕度 70—90% 時，發育週期是 10—12 天。平均温度 25—28°C，相对濕度 70—90% 時，發育週期为 8—10 天。平均温度 28—31°C，相对濕度 70—90% 時，發育週期只需 6—8 天。

寄主卵發育到一定程度，往往不能为赤眼蜂所寄生，如松毛虫卵在 28—30°C 高温情況下，120 小時完成卵期，以產後 14—69 小時的卵供赤眼蜂寄生最好，超过 93 小時，赤眼蜂虽能產卵，但羽化極少或不羽化。麥蛾卵作为赤眼蜂寄主卵，在孵化前一天，也能够寄生。

赤眼蜂在廣州的冬季，可在甘蔗黃螟卵內找到(冬季的黃螟卵一般在近地面的甘蔗葉鞘)。在卵內的赤眼蜂一般是蛹期。把被寄生的黃螟卵帶回实驗室加温，赤眼蜂能够羽化为成虫。在 1955 年 1 月 3 日，曾在蔗田間找到少量赤眼蜂成虫，这个事实，可以說

明赤眼蜂的蛹在冬期遇到高温的日子，在自然界也能羽化。

2. 繁殖赤眼蜂寄主的选擇

在室內繁殖相当大量的赤眼蜂，至少要有一种適宜的寄主，才能够保証在相当短期內能够培养出大量的赤眼蜂。为了选擇对寄生蜂更適宜的寄主，我們曾試用过在廣州附近容易找到的鱗翅目昆虫的卵來繁殖赤眼蜂，这些昆虫有麦蛾、粉斑螟蛾（*Ephestia* sp.）、米蛾（学名未定）、松毛虫、蓖麻蚕、甘蔗条螟、甘蔗黃螟、甘蔗二點螟、水稻大螟、水稻二化螟（*Chilo simplex* Butler）、水稻三化螟（*Schoenobius incertellus* Wk.）、灯蛾（学名未定）、小地老虎、番薯蠹蛾（*Omphisa illisalis* Wk.）、灰帶毒蛾、桑毛虫（*Arctornis chrysorrhoea* L.）、家蚕等。其中只三化螟卵不能寄生，家蚕卵可以寄生，但赤眼蜂幼虫只能發育到蛹期，不能羽化为成虫。

由於甘蔗螟虫卵赤眼蜂的寄主很多，我們选擇了一些比較容易繁殖，而且容易为赤眼蜂所寄生的寄主，比較深入地观察繁殖出來赤眼蜂的特性。試驗方法是將新鮮的松毛虫卵、蓖麻蚕卵、麦蛾卵和灰帶毒蛾卵分別放進指形管內，接种赤眼蜂。子代蜂羽化後，檢查羽化蜂數、子代蜂性比率和体長。現將結果列表如下：

表2 用不同寄主卵繁殖出來的赤眼蜂

寄主种類	檢查卵數	每寄生卵羽化蜂數			性比率	蜂体長（毫米）	
		最高	最低	平均	（♀:♂）	♀	♂
松毛虫卵	56	52	7	23.7	3.8 :1	0.51	0.44
蓖麻蚕卵	15	59	19	28.0	4.9 :1	0.46	0.45
麦蛾卵	210	1	1	1	0.85:1	0.36	0.35
灰帶毒蛾卵	130	7	3	4.1	4:1	0.37	—

由表2的記錄看來，一个松毛虫卵或者一个蓖麻蚕卵能够繁殖蜂數远較灰帶毒蛾卵或麦蛾卵繁殖出來的多，而且赤眼蜂雌性比率高，蜂体大，体色有光澤而行動活躍，这些特徵可以說明这兩种寄主卵內含物对於赤眼蜂幼虫营养的質和量都是好的。用灰帶毒蛾卵繁殖出來的赤眼蜂，雌性比率虽然沒有減低，但每个卵能够繁殖的蜂數不多，蜂体也較小。用麦蛾卵繁殖出來的赤眼蜂，不特雌性比率低，蜂体小，而且体色暗淡，行動也不大活躍，这些特徵可以說明麦蛾卵內含物对於赤眼蜂幼虫营养的質和量都是不好的。这个試驗指出了作为蔗螟卵赤眼蜂的人工繁殖寄主，松毛虫卵或蓖麻蚕卵比过去普遍应用的麦蛾卵好得多了。

3. 赤眼蜂和寄主的關係

（1）赤眼蜂在同一种寄主內連續繁殖的試驗： 为了保持赤眼蜂的田間適应性，在

室內繁殖不应該無限制地繼續進行。可是室內寄主也必須能够給赤眼蜂繼續繁殖下去，才能够保証寄生蜂數量的積累。我們曾用麥蛾卵、松毛虫卵、蓖麻蚕卵作为固定寄主的繁殖，以確定每种寄主卵应用於連續繁殖數代赤眼蜂的实用價値。試驗方法是由田間採回蔗螟卵的赤眼蜂作为親本蜂，分别接种足量的麥蛾卵、松毛虫卵和蓖麻蚕卵，供其寄生，連續繁殖4至5代，每代保留適当數量的雌雄蜂作为親本蜂，並重新供給足量的新鮮寄主卵。每代檢査項目为被寄生卵數和羽化子蜂數，从而算出平均每寄主卵羽化蜂數及平均每雌蜂產生子代數。本試驗在24—29°C下進行，現將結果分列於表3、表4和表5。

表3　用麥蛾卵連續繁殖四代的赤眼蜂

繁殖代次	親本蜂數		被寄生卵數	羽化子蜂數	平均每寄主卵羽化蜂數	平均每雌蜂產生子代數	备註
	♀	♂					
1	20	20	221	221	1	11	
2	20	20	42	33	0.8	1.6	本代羽化子蜂中雌蜂不足20头
3	7	23	6	6	1	0.8	
4	1	5	0	0	0	0	

表4　用松毛虫卵連續繁殖五代的赤眼蜂

繁殖代次	親本蜂數		被寄生卵數	羽化子蜂數	平均每寄主卵羽化蜂數	平均每雌蜂產生子代數
	♀	♂				
1	10	10	19	364	19.2	36.4
2	10	10	16	198	12.3	19.8
3	10	10	26	425	16.3	42.5
4	10	10	24	352	14.6	35.2
5	10	10	32	520	16.2	52.0

表5　用蓖麻蚕卵連續繁殖五代的赤眼蜂

繁殖代次	親本蜂數		被寄生卵數	羽化子蜂數	平均每寄主卵羽化蜂數	平均每雌蜂產生子代數
	♀	♂				
1	共20餘头		1	38	38.0	—
2	34	4	26	551	21.2	16.2
3	97	9	60	1830	30.5	18.8
4	152	40	102	3436	33.6	22.6
5	185	25	67	2397	34.2	13.0

根据上列試驗結果，用松毛虫卵作为固定寄主，繁殖到第五代，雌蜂繁殖能力並沒有减低，羽化出來的赤眼蜂仍保持像第一代的活躍力。用蓖麻蚕卵作为固定寄主，第四代雌蜂的產子數最高，繁殖到第五代，雌蜂的產子數略少，可是繁殖出來的赤眼蜂，仍保持像第一代的活躍力。这些結果，說明这兩种寄主，可能連續繁殖赤眼蜂至若干世代，其子代仍保持一定繁殖力和活躍力。用麥蛾卵作为固定寄主，第二代以後，雌蜂的產子數遞減，雌蜂的數目也遞減，到了第三代已經不能維持親本蜂的數量，到了第四代，雌蜂已經失去產卵能力了，寄生蜂的羣落因而中斷。繁殖出來的蜂逐代衰弱，这些結果都說明了麥蛾卵不宜於作赤眼蜂的繁殖寄主。根据蒲蟄龍、陈守坚、洪福昌 1952 年的報告，在廣州用稻穀飼养出來的麥蛾卵來繁殖蔗螟卵赤眼蜂，能够連續繁殖十多代，而每代的蜂數都不斷地增加。在我們这个試驗，赤眼蜂不能够在麥蛾卵連續繁殖四代，其原因虽然未經詳細分析，相信是麥蛾生活力减低而影响了所產的卵的营养價值，因而影响了赤眼蜂的生活力。这个試驗所用的麥蛾，是由大室繁殖出來的，在繁殖过程中，經过了高濕的春季，用來繁殖麥蛾的稻穀，容易發霉，虽然經常更換，但未够徹底，因而麥蛾的营养也就减低了。一个麥蛾卵只能繁殖一个赤眼蜂，营养的量表示剛足够一蜂發育之需，如果麥蛾营养减低，而影响其所產的卵的內容物，一个卵就很可能不够一个赤眼蜂發育之需了。所以，用麥蛾卵來繁殖赤眼蜂是不適宜的。

(2) 用兩种寄主來更換繁殖赤眼蜂的試驗：一种有机体营养的改变，往往影响其子代的生活力，在赤眼蜂繁殖过程中，如果用更換寄主方法來繁殖，理論上能够提高寄生蜂的繁殖能力，在实用上將会有一定價值。为了解决这个問題，我們曾做了下列試驗。

由田間採回蔗螟卵的赤眼蜂，取雌雄蜂各 10 头，在指形管中，用松毛虫卵 50 个進行繁殖，經三代後，取雌雄蜂各 10 头，用足量灰帶毒蛾卵繁殖，观察每代被寄生卵數、羽化蜂數、一世代所經日數等項，現將結果列如表 6。

表 6. 用松毛虫卵及灰帶毒蛾卵作轉換寄主繁殖出來的赤眼蜂

繁殖代數	寄主	被寄生卵數	平均每雌寄生卵數	羽化蜂數	平均每雌產子數	一世代經过日數	生活週期內溫度 (°C)	备註
	松毛虫卵	8	0.8	173	17.3	8	27.6	
1	毒蛾卵	56	5.6	263	26.3	9	28.3	
2	同上	55	5.5	237	23.7	7	29.1	
3	同上	4	0.4	8	0.8	7	28.6	羽化蜂 7♂ 1♀

由表 6 結果可以看出赤眼蜂由松毛虫卵移到灰帶毒蛾卵的第一代，以雌蜂繁殖力

來說，比寄生在松毛虫卵最後的一代的高，在灰帶毒蛾卵繁殖的第二代，也还保持和第一代相差不远的繁殖力，到了第三代，变化頗劇，繁殖力顯著地減低了，羽化出來的蜂，雌少雄多，而且有少數寄生蜂在羽化当時死在羽化孔，有些被寄生的卵，發生了乾縮現象。由表 4 結果看來，赤眼蜂在松毛虫卵繁殖五代，雌蜂繁殖力沒有一些退化現象發生，而轉換到灰帶毒蛾卵上，繁殖到第三代，就發生退化現象。这个問題說明利用更換寄主的方法來繁殖赤眼蜂，如果更換寄主的营养質量，不及原來的寄主的好，为避免赤眼蜂繁殖力的減低，不能够作多代的繁殖。

根据表 6 的結果，由松毛虫卵羽化出來的寄生蜂接到毒蛾卵內的第一代，繁殖力有顯著的提高，这不能够作为更換寄主的一般通則，而且往往發現相反的情形，这种事实，可由表 5 的材料來說明，我們曾用由蔗田裏採回的黃螟卵赤眼蜂二十多个接到蓖麻蚕卵上，結果，第一代只有一个蓖麻蚕卵被寄生而能够羽化出蜂，第二代，寄生率才顯著提高。

上述現象，說明了赤眼蜂長期適应於一种寄主卵，一旦轉換寄主，头一、二代的繁殖力總比原來的有所差異，要經过一定時間才能適应。由於这种現象的出現，如果用一种固定寄主作赤眼蜂的長期繁殖，縱然子代繁殖力沒有減低，雌蜂性比率也高，但对於寄生的適应性，是可能削減的。

(3) 複寄生數目与性比率、繁殖能力及蜂体大小的關係：　本試驗目的，是測定一个寄主卵內赤眼蜂數目多少，对於羽化出來的蜂繁殖力和雌雄比率的關係，以供大量繁殖的参考。

1) 松毛虫卵複寄生數与性比率及繁殖能力的關係——以松毛虫卵为寄主繁殖赤眼蜂的过程中，隨意取出被寄生卵 5 个，分別置指形管中，寄生蜂羽化後，卽分別接入足量松毛虫卵，供其寄生，蜂死後，卽檢查其体長及雌雄蜂數，以確定其複寄生數目。被寄生的松毛虫卵內寄生蜂羽化後，接進新鮮的松毛虫卵，供其寄生，以測定其繁殖能力。本試驗在 26—32°C 下進行，現將結果表列如下：

表 7　松毛虫卵複寄生數和赤眼蜂關係

每寄主卵羽化出蜂數	性比率（♀:♂）	全部蜂寄生之松毛虫卵數	平均每雌蜂寄生卵數	备註
34	1:1	14	0.8	有 4♂ 蜂發育不良
29	1.6:1	17	0.9	有 2♀ 2♂ 發育不良
24	2:1	26	1.6	其中 1 蜂發育不良
21	2:1	29	2	
20	4:1	37	2.3	

2）蓖麻蚕卵複寄生數与性比率、蜂体大小、寿命及繁殖能力的關係——本試驗方法和上一个試驗一样，寄主用蓖麻蚕卵，檢查項目增加了蜂的寿命和雌蜂產子數，本試驗在 24—28°C 下進行，現將結果列如表 8。

表 8 蓖麻蚕卵複寄生和赤眼蜂關係

每寄主卵羽化出蜂數	性比率 (♀:♂)	平均体長(毫米)		平均寿命(天)		繁殖能力		
		♀	♂	♀	♂	寄生卵數	羽化出子蜂數	平均每雌產子數
29	13:1	0.46	0.40	5.6	4.5	28	974	36.1
32	7:1	0.42	0.40	4.5	2.7	21	730	26.07
38	3:1	0.42	0.37	5.8	4.3	15	470	16.2
44	10:1	0.38	0.37	3.3	3.5	14	368	9.2
49	1:1	0.35	0.31	5.1	3.0	10	319	11.4

由上列二个試驗結果看來，一个卵內複寄生數多，蜂体短小，雌蜂的繁殖能力減低。从第一个試驗結果看來，雄蜂數量比率，也有因複寄生多而增高的趨勢，成虫寿命和複寄生沒有顯著關係，但在另一些試驗裏，如果蓖麻蚕卵複寄生數少到 20 个以內，成虫寿命也顯著地延長，例如每蓖麻蚕卵羽化 11 个蜂，雌蜂寿命達 15 天，羽化 15 个蜂的，雌蜂寿命達 12 天。在人工繁殖过程中，要得到繁殖能力高和雌蜂數量多的子代，控制複寄生數目是有必要的。这个理論基礎，不独在人工繁殖过程中可以应用，也關係到在田間釋放赤眼蜂的數量，如果在田間釋放極大量的寄生蜂，複寄生數势必增加，而影响了赤眼蜂子代的繁殖能力，这个情況，柯瓦列娃(1954)已經總結地指出來了。事实上我們沒有找出和苏尔特 (Salt 氏 1934年)所說的 *Trichogramma evanescens* 能够察知寄主卵已被寄生而避不產卵的現象。

（4）雌蜂數和寄主卵數比率和複寄生數關係： 从（3）試驗結果，肯定了一个寄生卵的複寄生增加，雌蜂的繁殖力減低，而且雌蜂數量減少。在大量繁殖过程中，应該控制複寄生現象。本試驗目的，是複寄生數量的控制，本試驗所用的方法是調節雌蜂數和寄主卵數的比率。在本試驗过程中，測定了複寄生數与雌雄蜂体長、成虫寿命和雌雄比率的關係，現將本試驗進行方法及結果分析，分述如下：

1）每組用松毛虫卵一个，分别接入受精而未產卵的雌蜂一头、二头和三头，產卵的時間是一天，親本蜂是松毛虫卵羽化出來的赤眼蜂，每組三个重複，各組試驗同時举行。本試驗在 28.8°C 相对濕度 84% 下進行，現將結果列於表 9。

表 9　雌蜂和寄主卵比率不同和複寄生數關係

雌蜂數	松毛虫卵數	平均每卵羽化蜂數	性比率 (♀:♂)	平均体長(毫米) ♀	平均体長(毫米) ♂	成虫平均寿命(天)
1	1	19.7	7.4:1	0.50	0.40	2
2	1	27.3	4.1:1	0.47	0.37	2
3	1	30	4.0:1	0.45	0.36	2

由上述試驗的結果，可以看出雌蜂數量多而寄主卵少的時候，複寄生數增加。其次複寄生數目的多少，和蜂体長短、雌雄比率都有直接關係。複寄生數目愈多，蜂体愈小，雌性比率也愈低。

由上述試驗結果看來，複寄生數目是可以控制的，控制複寄生自然也能控制蜂体大小、雌雄比率和繁殖能力了。

上面的試驗，所用的蜂數和卵數都很少，为了找出在大量繁殖过程中，寄生蜂數和寄主卵的適当比率，進行了下列試驗。

2）每組用 1000 卵貼在透光紙上，放進寄生蜂繁殖木箱中，分为四組，第一組放進已被寄生的松毛虫卵 30 个，第二組放進 50 个，第三組放進 70 个，第四組放進 100 个，这些松毛虫卵的寄生蜂先後羽化產卵，兩天後將蜂全部移出，以後檢查被寄生卵數。本試驗在 28.8°C 相对濕度 84% 下進行，結果如表 10。

表 10　在雌蜂和寄主卵比率不同条件下的寄生情况

雌蜂与卵比率*	寄生情况 卵數	寄生情况 百分率	平均每雌寄生卵數	备註
1:2	593	59.3	1.41	子代蜂体大，活躍
1:1.4	857	85.7	1.43	同　上
1:1	900	90.0	1.02	同　上
1.4:1	1000	100.0	0.71	子代蜂体較小有不能展翅和死在羽化孔口現象

* 以每被寄生卵羽化 14 头雌蜂，推算得雌蜂与卵比率。

由表 10 結果看來，雌蜂和寄主卵（松毛虫卵）的比率，以 1:1 最好，因为寄生的百分率可達 90%，不浪費寄主卵，而且羽化出來的蜂，体大而活躍。凡雌蜂數比寄主卵數多过 1 以上的，子代蜂常有不能展翅和死在羽化孔的現象。

（5）寄生蜂產卵時間長短和複寄生數的關係：　由（4）試驗結果，指出了調節雌蜂數和寄主卵數的比率，能够控制複寄生數目，除此以外，寄生蜂產卵時間長短，也影响複寄生的數目。本試驗用 5 个經交尾而未產卵的赤眼蜂，接入 5 个松毛虫卵，分兩組同時

進行，一組經24小時後，將寄生蜂移去，另一組經48小時後移去寄生蜂，观察兩組松毛虫卵羽化蜂數，同時也調査雌雄比率、蜂体長度、成虫寿命，以進一步測定这些現象和複寄生數目的關係。本試驗在28.5°C相对濕度88%下進行，現將結果列如表11。

表11 雌蜂產卵時間長短和複寄生數的關係

產卵時間(天)	羽化蜂數	平均每卵羽化蜂數	性比率(♀:♂)	平均蜂体長(毫米)		成虫平均寿命(天)	备註
				♀	♂		
1	110	22.1	5.1 :1	0.50	0.40	2	1♀翅不開展
2	142	28.4	3.17:1	0.45	0.38	2	2♀5♂翅不開展

由表11的結果，可以看出寄生時間一天，複寄生數目比寄生兩天的少，至於複寄生數目和蜂的雌雄性比率，蜂体長短的關係与(4)試驗結果符合。寄生蜂產卵一天，其子代羽化比較整齐，在大量繁殖技術上，比較容易掌握。

(6) 雌蜂体型大小和繁殖力及子代蜂性比率的關係： 由上述兩个試驗，可以確定複寄生數目多，蜂体变小，而複寄生數是能够控制的，控制了複寄生數，就能够控制蜂体大小了。究竟在繁殖过程中，蜂体要多大才算適宜？应該是要解決的一个問題。为了解決这个問題，我們曾進行了雌蜂体型大小和繁殖力及子代蜂性比率關係的試驗。試驗方法是隨意取出已經交尾而未產卵的雌蜂10个，每个蜂同時接入松毛虫卵10枚，以供寄生，蜂死後，卽量其体長。到了子代蜂羽化後，檢查每蜂寄生卵數、羽化蜂數及性比率，本試驗在28.5°C相对濕度88%下進行，現將結果列如表12。

表12 蜂体大小和繁殖能力及子代蜂性比率的關係

親本蜂体長(毫米)	寄生卵數	羽化蜂數	平均每寄主卵羽化蜂數	性比率(♀:♂)
0.59	4	77	19.2	18.2:1
0.53	5	88	17.6	11.5:1
0.51	4	105	26.2	5.1:1
0.51	3	66	22.0	12.2:1
0.49	3	75	25.0	7.3:1
0.47	2	46	23.0	8.2:1
0.38	3	64	21.3	8.1:1
0.38	2	39	19.5	8.7:1
0.33	0	—	—	—
0.31	2	27	13.5	8.0:1

由上列試驗結果，可以看出親本蜂体長在0.38毫米以上者，每蜂繁殖子代蜂數在39个以上，雌蜂体長0.31毫米者，只能繁殖子代蜂數27个。寄生卵數，子代性比率和親本蜂体長沒有顯著關係。0.38毫米至0.59毫米間的寄生蜂繁殖能力，不見得因体長而提高，而且同体長的寄生蜂，其繁殖能力因个体不同而有所差異。在本試驗結果，只能够指出0.31毫米体長的雌蜂，其繁殖能力远遜於0.38毫米以上者，如果想得到繁殖能力强的赤眼蜂，应該調節寄生蜂數和產卵時間以控制其複寄生數，而繁殖出体型較大的寄生蜂。根据（4）和（5）試驗結果，用松毛虫卵去繁殖寄生蜂的時候，在松毛虫卵一个和寄生蜂三个的比率下，寄生時間一天，所產生子代蜂能够獲平均体長0.45毫米的雌蜂，0.36毫米的雄蜂。在甘蔗田裏寄生於黃螟卵的赤眼蜂，雌蜂体長平均0.40毫米，雄蜂体長平均0.34毫米，用剛才說过的标準去培养出來的赤眼蜂，体長已超过蔗田裏自然寄生的寄生蜂。赤眼蜂体型和在田間發生效能的關係，虽然沒有作过試驗，但和田間自然寄生的赤眼蜂体積一样大小或較大一些，總会比小於自然寄生的赤眼蜂好些。

（7）孤雌生殖試驗：　赤眼蜂的孤雌生殖能力，早經前人試驗予以確定，有些人（Marchal 氏 1936 年）認为有些赤眼蜂有兩性生殖和孤雌生殖的類型。赤眼蜂 *Trichogramma evanescens* 經祝汝佐及胡永錫（1935）試驗確定有孤雌生殖的能力。赤眼蜂具有孤雌生殖的能力，对於种的生存具有很大意义，与沒有孤雌生殖的种類比較，具有更大的田間寄生效能。本試驗目的，为測定蔗螟卵的赤眼蜂，有沒有孤雌生殖能力，並且測定孤雌生殖有多大繁殖力。試驗方法是用一个寄主卵羽化出來完全是雌性的赤眼蜂，和一个寄主卵羽化出來有雌雄蜂的赤眼蜂，未經交尾，即接入足量寄主卵內，供其寄生，子代蜂羽化後，檢查子代蜂數及雌雄比，結果列如表13。

表13　赤眼蜂的孤雌生殖

親本蜂來源	親本雌蜂數	寄主种類及被寄生卵數	羽化子代蜂數			平均每雌蜂產子數
			♀	♂	總數	
一个松毛虫卵羽化出來的全为雌蜂	3	松毛虫卵 9 个	0	230	230	76.6
同　上	6	松毛虫卵 31 个	0	594	594	99.0
一个松毛虫卵羽化出來的雌雄兼有	1	松毛虫卵 2 个	7	24	31	31.0
一个灰帶毒蛾卵羽化出來的全为雌蜂	3	灰帶毒蛾卵20个	0	73	73	24.3
一个蓖麻蚕卵羽化出來的雌雄兼有	15	蓖麻蚕卵 21 个	588	38	626	41.7

由表13結果看來，一个寄主卵羽化出來的如果全部为雌蜂，这些雌蜂進行孤雌生殖的結果，子代均为雄蜂，其繁殖力和受精的雌蜂比較，沒有顯著的分別。如果一个寄主卵羽化出來的子代有雌有雄，这些雌蜂進行孤雌生殖的結果，子代蜂有雌蜂和雄蜂，这种現象，赫斯（Hase, 1925年）曾在一种未定名的赤眼蜂試驗出來。產生这种現象的原因，我們还沒有考查出來。

4. 赤眼蜂成虫寿命和繁殖力与飼料的關係

釋放在田間的赤眼蜂，如果能够延長寿命，在田野發生的效能一定会高些。根据上列幾个試驗結果，我們在試驗过程中所用的寄主种類，複寄生數目和蜂体大小，对於成虫的寿命都沒有顯著關係。为了延長成虫的寿命日數和提高繁殖能力，我們曾应用各种糖的溶液作成虫的飼料試驗。試驗的材料，是用蜜糖、蔗糖、麥芽糖、果糖、葡萄糖、乳糖的15％溶液，以蒸餾水为对照。赤眼蜂羽化後，分別移至指形管中，以棉花蘸糖液黏於管壁，赤眼蜂卽來取食，以後每天滴入糖液，每天換給足量的蓖麻蚕卵供其產卵，每天檢出死亡的蜂，量其体長，並記錄雌蜂數量、平均体長及平均寿命。子代蜂羽化後，調查其寄生卵數及羽化子蜂數，因而求出平均每雌產子數。本試驗在溫度24—27°C，相对濕度80—89％的溫箱下進行，試驗結果如表14。

表14　成虫飼料和寿命及繁殖能力的關係

飼料	供試蜂數（♀）	平均体長（毫米）	平均寿命（天）	寄生卵數	羽化子蜂數	平均每雌產子數
蜜糖	41	0.46	11.2	30	965	23.5
葡萄糖	46	0.47	11.0	18	609	13.2
蔗糖	38	0.50	10.7	16	471	11.7
麥芽糖	36	0.46	10.0	13	338	9.3
果糖	36	0.46	5.3	14	512	14.2
乳糖	67	0.43	1.4	6	202	3.0
水	44	0.43	1.3	4	71	1.6

由表14結果看來，蜜糖飼育对於延長成虫寿命和增加繁殖力的作用，最为顯著，比用清水飼育作对照的寿命延長至8.6倍，產子數增加至14.7倍。除蜜糖外，葡萄糖和蔗糖对於延長成虫寿命和增加繁殖力也有很好作用。果糖对於增加赤眼蜂的繁殖力，比葡萄糖和蔗糖还要好些。上述各种糖類，除蜜糖外，都是化学純粹的糖。蜜糖成份含有轉化糖和蔗糖，而且还有一些維生素及其他物質。在人工繁殖过程中，我們主張用蜜糖飼成虫，在田間放播之前，也应該飼以蜜糖。

5. 赤眼蜂与寄主卵冷藏試驗

如果要用赤眼蜂來防治廣大面積的農作物害虫，一定要及時供应大量的赤眼蜂。寄生蜂數量積累，冷藏是一个重要的方法，陸續繁殖出來的赤眼蜂，可陸續在低温下抑制寄生蜂發育，到需用的時間才移到發育適宜温度，听其發育羽化。这样做法，能够在同一時間內，得到大量赤眼蜂。寄主卵冷藏，也是間接積累寄生蜂的一个办法，在田間採得的寄主卵或者由人工繁殖得來的寄主卵，陸續放在低温下，抑制其發育，需用時拿出來給赤眼蜂寄生。赤眼蜂一个世代，所經時間不長，有足量的貯备的寄主卵，短期間內可陸續繁殖多量的赤眼蜂。

本試驗分为寄主卵冷藏和被寄生卵冷藏二部分，現分述如下：

（1）寄主卵冷藏試驗

試驗材料，用松毛虫卵、蓖麻蚕卵、灰帶毒蛾卵及麥蛾卵为材料。寄主產卵後1、2天內，將卵收集起來，用玻璃瓶盛載，放進0—4°C低温下冷藏，結果松毛虫卵冷藏到97天，还能够被赤眼蜂產卵，赤眼蜂也能正常羽化为成虫，到111天，就很少能够应用。蓖麻蚕卵冷藏61天，还能够供赤眼蜂寄生之用，到72天，卵多凹下，不堪应用。灰帶毒蛾卵冷藏41天，还能供赤眼蜂寄生用。麥蛾卵冷藏到26天，便不能应用。由这个初步試驗的結果看來，松毛虫卵最耐冷藏，蓖麻蚕卵次之，麥蛾卵最不耐冷藏。至於寄主卵的胚胎發育到什麽時期冷藏最適宜，还待進一步的試驗來決定。

（2）被寄生卵冷藏試驗

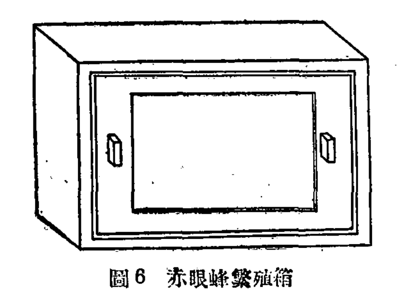
松毛虫卵被赤眼蜂寄生後第五天（發育到老熟幼虫或蛹期）在0—3°C冷藏129天，能够羽化50%。在剛变蛹或發育至老熟幼虫期，在4—7°C冷藏57天，可全部羽化。剛变蛹的時候，在4—7°C冷藏82天，能羽化84.8%，其餘不能羽化的，是死在寄主卵內的成虫。被寄生卵的冷藏，在夏季炎熱中繁殖的寄生蜂，不能馬上移到冷藏的低温去，可先移到10°C左右的温度，經过1—2天，然後移到0—3°C温度去。由冷藏庫取出寄生蜂的時候，也要这样做，这种做法，都是避免寄生蜂在温度突然剧变下而死亡。

寄生在松毛虫卵或灰帶毒蛾卵的寄生蜂將近羽化的時候，在0—3°C冷藏10—15天，寄生蜂羽化率还相当正常，蜂体强健。这个時期的冷藏，可以解決將要释放赤眼蜂時，驟然遇着意外而必須延遲放蜂日期的困难。

6. 繁殖寄生蜂的器皿和用具

用於赤眼蜂繁殖試驗的器皿，我們通常用玻璃指形管和玻璃培养皿。应用作試驗的指形管，有口徑3.0厘米，長8—10厘米和口徑2.5厘米，長8—10厘米的。培养皿大小，有7.5厘米和6.0厘米直徑者。选擇容積不同的繁殖皿，是以参加試驗蜂數多少为

标準。進行繁殖的時候，將寄主卵和赤眼蜂移進繁殖皿裏，移進繁殖皿的寄主卵可用有寄主卵的葉子（如有松毛虫卵的松針）也可以將卵黏在紙上，也可以將卵零散地放進皿內。各种处理方法，是因試驗性質不同而灵活应用。上述的繁殖赤眼蜂器皿，因其容積太小，只能用於試驗之用，不宜於大量繁殖用。用於大量繁殖赤眼蜂的器皿，我們曾設計一种木箱，經數度改良，現用的方式是这样：木箱長 18 厘米，高、闊各 8 厘米，四面嚴謹密閉，兩端或兩旁開通，每端或每旁有緊合而中空的正方形或長方形木框一个，四边加上橡皮条，木框的木条闊 1.5 毫米(圖 6)。進行大量繁殖時，先將寄主卵黏在透明或半透明紙上，紙的大小較繁殖箱的兩端稍大，將黏有寄主卵的紙，用木框緊压於繁殖箱的一端或一旁，向光放置，然後接入赤眼蜂，蜂即趨光而到寄主卵上產卵，另一端用紙加木框盖上，次日可在沒有寄主卵的一面放入新鮮卵，对向光源，蜂卽轉移至新鮮寄主產卵。这种繁殖箱可黏上松毛虫卵二千枚，以每枚能寄生 20 个寄生蜂計，每次可繁殖赤眼蜂四万头，可用於大量繁殖。


圖 6　赤眼蜂繁殖箱

那一种黏卵的膠最为適用，我們也做过一些試驗。黏卵膠的要求，要对蜂的生理沒有妨碍，膠不易發霉和黏力强而卵不致跌落。根据这三項要求，我們曾用过阿拉伯膠，虫膠，麵粉煮成的漿糊，牛皮膠和膠珠（是一种植物膠，該植物种類不明，这种膠是一般人用來溶化於水，作普通膠水用的）。这幾种膠水以阿拉伯膠和膠珠，应用上最方便，配合量为膠一份用水一份溶化，膠黏性相当大，缺點是配成後在常温下不能久置，久置会發酵变質，失去膠黏性。有時膠黏着的寄主卵，也有因受大气中濕气太大的影响而脫落。虫膠用 95% 乙醇溶化，黏卵牢固，不發酵，不受大气中濕气而脫卵，但黏卵後，必須經約 30 分鐘後，才能接入赤眼蜂，否則对寄生蜂生理有所影响。目前虫膠價高，有時不易買得到，膠珠價廉，使用亦便，可供应用。

黏卵紙以雪蓮紙、紗紙、蠟紙和玻璃紙都可应用。

赤眼蜂田間效能，寄生有效半徑及釋放前成虫保存的初步試驗

人工繁殖的赤眼蜂，在田間能够達到多大的寄生效能，是利用赤眼蜂防治害虫的一个最主要問題。为了解决这个問題，1954 年 6 月間曾作一次小規模的田間釋放試驗，在 10 月間做了一次寄生半徑的測定，在田間釋放之前，曾設計赤眼蜂的釋放器。

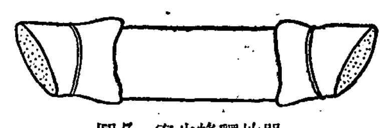
(一)赤眼蜂的田間釋放器

赤眼蜂的田間釋放器，需要有下列条件：(1)能防風雨，(2)难傳熱，(3)能阻止螞蟻

及其他天敌入内，(4)使用簡單，(5)價廉。根据这五項要求，我們曾用过火柴盒子和小竹筒。

火柴盒子——火柴盒子是最容易找到的器皿，最經济。为了防止雨水浸濕，施用前要稍加处理，处理方法，是全部黏上防水蠟紙，再用融化的白蠟，全部浸塗一次，盒內放進赤眼蜂將要羽化的寄主卵，用橡皮圈子紮緊。盒盖和容器之間，原有一条小縫，可供寄生蜂羽化後飛出(赤眼蜂有正趨光性，必离盒飛去)。如果盒盖和容器間的縫太窄，可用大头針在容器兩端另開 4—5 小孔，用小繩子將火柴盒紮緊，繫於長 2 尺左右的小竹竿，釋放寄生蜂時，將竹竿插在蔗田裏。

竹筒——用 10 厘米長，1.5—2 厘米口徑而兩端通孔的竹筒，將兩端的通孔鋸成斜形，內放將要羽化出赤眼蜂的寄主卵，兩端用蠟紙包住用橡皮圈紮緊，用小針在兩端各刺小孔十餘个(圖 7)。应用時用小鉄絲繫於小竹竿插在蔗田裏，即可供田間釋放寄生蜂之用。应用的竹筒，要完全乾燥，如果用白蠟浸塗一次，防水力更佳。新鮮竹筒不宜应用，因为含水量高，易發霉，对寄生蜂有影响。


圖 7　寄生蜂釋放器

上述兩种赤眼蜂釋放器，都相当实用。釋放器在田間，应距离地面 30 厘米，且不能接觸蔗葉，以免螞蟻沿葉而过，在竹筒离地面 15 厘米左右，塗一些硫磺軟膏或石油脂，更增防蟻之效。在田間应用上述的釋放器，除狂風、暴風，难免雨水浸入外，普通的風雨，是沒有多大影响的。

(二)赤眼蜂田間寄生效能測定試驗

放蜂試驗日期，1954 年 6 月 11 日一次，6 月 15 日一次。試驗蔗田面積共二畝，为山崗地蔗田。用竹筒釋放器二十个，每釋放器放進將近羽化赤眼蜂的松毛虫卵 60 个，估計每卵出蜂 18 头，共約 1080 头，二十个釋放器，共出蜂 21,600 头，即每畝地放蜂 10,800 头。有些釋放器是放進將羽化寄生蜂的灰帶毒蛾卵 200 个，估計每卵出蜂 5 头，每釋放器有 1000 头蜂。二十个釋放器，均匀地插佈於二畝蔗田內，插釋放器的時間，兩次都在下午五時至六時举行，估計赤眼蜂翌晨陸續羽化，飛出田間。这次用來釋放的寄生蜂，是在室內变温情况下連續培养 3 至 6 代的赤眼蜂。

第一次釋放後第二天，檢查載有被寄生松毛虫卵的釋放器內寄生蜂活動情況，結果，大部分赤眼蜂都能正常羽化，蜂均活躍，停留在釋放器孔口片刻，即飛躍蔗葉上，第三天適逢大雨，第四天檢查載有毒蛾卵的釋放器，發現少數釋放器內羽化的赤眼蜂，被浸入釋放器的雨水所浸淹，略有死亡，有些掙扎离開有水处，体乾後，仍能飛去。兩次釋

放後，释放器内除第一次为雨水侵入，略有死蜂外，其餘均無死蜂，可証明这种释放器是实用的。

在赤眼蜂釋放前三天，每天抽样調査預定釋放區的螟卵自然寄生率，結果，黄螟卵的寄生率是 55.2%，条螟卵的寄生率是 60%。釋放後第五天起，在釋放區五天內一連調查了三次蔗螟卵田間寄生率，結果，黄螟卵寄生率为 91.3%，条螟卵寄生率为 98.3%。在釋放區附近的对照區的蔗田，也在寄生蜂釋放後第五天，調查螟卵寄生率，結果，黄螟卵寄生率为 40%，条螟卵寄生率为 70%。在距离釋放區一里的对照蔗田，也在釋放區寄生蜂釋放後第五天起，調查了二次蔗螟卵寄生率，結果，黄螟卵寄生率为 61.6%，条螟卵寄生率为 76.3%。由上述結果，可知釋放赤眼蜂後五天內，可將黄螟卵寄生率由 55.2% 提高到 91.3%，將条螟卵寄生率由 60% 提高到 98.3%。这样看來，赤眼蜂在田間对於螟虫卵發生了一定的防治作用。这次的試驗，規模很小，釋放的赤眼蜂，在室內連續繁殖了 3 至 6 代，生活力和田間適应性都会減低，且調查方面，只及於螟虫的寄生率，赤眼蜂的效能，还要等待日後有系統的試驗，才能作進一步的決定。

(三)赤眼蜂的寄生有效半徑測定試驗

赤眼蜂釋放以後，能够寄生距离釋放器多远的寄主卵，是決定釋放器在田間分佈距离的因素。本試驗就是为了解決这个問題而設的。

試驗方法是选擇一塊約二畝面積的秋植蔗田，先行檢查確定沒有蔗螟卵寄生蜂存在，才能应用。在蔗田中心离地面 50 厘米掛一个竹筒釋放器，內放進被赤眼蜂寄生的松毛虫卵 72 个，估計每卵可羽化 14 个蜂，共約 1000 蜂，在釋放器周圍，分东、东南、南、西南、西、西北、北、东北八个方向，將未寄生的松毛虫卵掛在蔗葉上，每方向距离一公尺，掛卵 100 个。每天上午、中午、下午分別記錄蔗田溫度、濕度、風向及風速(風向記錄，依照气象观测所的記錄修正，因观测所观察時間距离較近)。四天後，將掛出去的松毛虫卵全部收回，分別远近及方向，檢查各个掛卵點的被寄生卵數。放蜂日期为 1954 年 10 月 18 日上午至 22 日上午，計共四天。現將这四天的气象記錄和被寄生卵的分佈情況，表列及圖列如下：

表 15 1954 年 10 月 18—22 日放蜂田間的溫濕度

日 期	X/18	X/19	X/20	X/21	X/22
平均溫度	31.5°C	32.4°C	31.9°C	30.4°C	24.5°C (早上)
平均濕度	42.5%	40.5%	29.5%	34.5%	80%
最高溫度	35.5°C	32.8°C	32.5°C	35°C	30°C
最低溫度	25.5°C	15.5°C	13.5°C	12.5°C	14°C

表16　1954年10月18—22日風向

日期＼時間	1	7	13	19
18/X(1954)	东	北　东	南　西	南
19/X	北　东	北北西	西南西	东
20/X	北北西	北　西	北北东	北
21/X		北北东	南　东	北
22/X	东北东	北	北　西	东北东


(1954年10月18—22日在放蜂田間的風速是1.1～2.2公尺/秒)

圖8　赤眼蜂的有效寄生半徑及被寄生卵的分佈*

試驗結果：總共寄生了122个松毛虫卵，从被寄生卵的分佈情况可以看出赤眼蜂的分佈，和風向風速有很大關係，尤以釋放後第一天的風向，影响赤眼蜂分佈最大。这次

* 圖中数字表示各个方向或各圓周上寄生卵數佔總寄生卵數的百分率。

释放試驗，是10月18日上午10時举行的，当天13時至19時吹南西風和南風，这時赤眼蜂刚大量飛出，受了南西風和南風的影响，虽然風速均輕，每秒鐘風速只是1.1—2.2公尺，寄生蜂也藉了風力傳送到东北方向，所以在东、东北和北三个方向的寄生卵数佔全部寄生卵數的63.8%，其中以北向的被寄生卵最多，佔總寄生卵數的27.9%。寄生蜂的寄生有效半徑是17公尺。寄生效率，並非在最近释放器的最高，也不是因距离而遞減，这可能是寄生蜂的擴散，密切地受了各時期的風向和風速的影响，故距离1公尺的各个圓周上的被寄生卵數，不是成比例的增減。但半徑10公尺範圍内的寄生卵數顯著比10公尺以外的高，半徑10公尺以内的寄生卵數佔總寄生卵數的66.4%，10公尺以外的是33.6%。赤眼蜂的擴散現象和环境因素的關係是很複雜的，我們一次試驗結果，未能作为一般通論，这方面的知識还要作進一步的探討。

在放蜂的4天內，气温的变異相差17°C，最低气温是12.5°C，最高是35.5°C。濕度範圍是30—53%。赤眼蜂在这种环境条件下，仍顯出一定效能，这說明赤眼蜂在相当低温(12.5°C)、相当高温(35.5°C)和相当乾燥(相对濕度30%)的环境条件下，还能够維持其生活力，且能適应气温变遷相当大的环境条件。

由上述試驗結果的分析，在田間释放赤眼蜂以防治甘蔗螟虫，应該估計風向風速和寄生蜂擴散的關係，释放器的相互距离以17公尺以內为宜。

(四)寄生蜂成虫保存試驗

在準备释放的当時，寄生蜂都羽化出來了，如果忽然遇到天气驟变，不適於放蜂，必須把已羽化的蜂保存起來，等到適当時候，才到田間释放。为了解決寄生蜂成虫保存問題，我們曾進行了下列試驗。試驗方法是將新羽化的赤眼蜂移入指形管中，飼以蜜液，半小時後，分三組不同处理，進行試驗。第一組放進8—13°C冰櫃內冷藏；第二組放在室温下黑紙盒中；第三組在室温自然光照下（室温23.8—31.4°C，相对濕度65—98%）；經12天後，檢查其生存率，並放進松毛虫卵供其寄生，以測定其繁殖力，結果列如表17。

表17 赤眼蜂成虫的生存率和繁殖力与室內控制处理的關係

处理	供試蜂數		处理後生存數	处理後生存百分率	处理後繼續生存天數*	平均每雌寄生卵數
在8—13°C冷藏12天	♀	70	65	92.85	13	0.42
	♂	13	7	53.84		
在室温下放入黑紙盒內經12天	♀	69	61	88.40	6	0.39
	♂	11	0	0		
在室內自然光下經12天	♀	98	68	69.38	6	0.27
	♂	19	0	0		

* 处理後繼續生存天數以寿命最長个体为準。

由表 17 結果看來，保存寄生蜂成虫的方法，最好还是低温处理，我們的試驗，所用低溫只是一种，未能確定那一个溫度最好，就我們的試驗結果來看，8—13°C 能將羽化的赤眼蜂保存到 12 天，雌蜂生存率还有 92.85%，而且还能够繼續生存 13 天，这样看來，如果沒有冷藏設备，用黑紙遮盖，結果也过得去。就雌蜂寄生松毛虫卵的能力來看，也是冷藏的最好，在室溫遮黑的繁殖能力，也接近於冷藏的蜂。

甘蔗螟虫田間動态

为提高赤眼蜂在田間的效率，在田間釋放寄生蜂，必須与進行防治的害虫田間發生情况互相配合。为了將來能够有計劃地去釋放赤眼蜂來防治蔗螟，我們於1953和1954年，曾在華南農業科学研究所岑村場地調查各种蔗螟的田間動态及蔗螟卵的寄生率，並進行了一些蔗螟室內飼育工作。現將結果分列如下：

(一)各种蔗螟一般發生經过

在廣州發見的蔗螟，最普遍的有四种，卽条螟、二點螟、黃螟、紫螟。虽然各种蔗螟都鑽入蔗莖为害，但發生情况和生活習性，都各有不同。現將其發生經过分述如下：

条螟　条螟整年为害甘蔗，以幼虫在葉鞘內側結薄繭越冬，翌年春間，化蛹变蛾，4 月上旬(1954)開始在田間發現卵塊，每卵塊由 10—20 粒卵組成，分兩行排列並左右相疊如辮子。卵塊產在葉面或葉底，5 月中旬幼虫開始陸續孵化。幼虫孵化後，集於心葉为害，稍成長，由葉鞘处侵入蔗莖，在莖內侵食，老熟幼虫离蔗莖到葉鞘內側結薄繭化蛹。条螟在廣州每年發生約四个世代，根据 1953 年的田間調查，4 月至 6 月第一世代，7 月至 8 月第二世代，8 月至 9 月第三世代，9 月至翌年 4 月第四世代。根据 1953 和 1954 年的調查結果，条螟發生，比較規則，發生过程中，各時期在田間出現比較劃一。根据飼育結果，在 1953 年 6、7 月裏，一世代經約 53 天。

二點螟　二點螟整年为害甘蔗，以幼虫或蛹在蔗莖地上部或地下部越冬，根据1953年 1 月至 3 月調查，在地上部越冬的幼虫和蛹为 66.6%，在地下部越冬的为 33.4%，而在地下部 10 厘米以內的佔 96.2%，在 10 厘米以下的只有 3.8%。翌年春間，化蛹变蛾，4 月中旬 (1954) 開始在田間發見卵塊，每卵塊由 50 多粒卵組成，作三行或四行排列如魚鱗狀，卵塊產在葉面或葉底，幼虫孵化後，吊絲或爬行至葉鞘，由葉鞘食入蔗莖，老熟幼虫在蔗莖內化蛹。根据 1953 和 1954 年的調查結果，二點螟的發生很不規則，世代叠置，由田間調查資料看來，一年內各世代界限很不清楚。根据飼养結果，在 1953 年 7、8 月裏，一世代經过約 40 天，这样看來，其世代數，不会比条螟的少。

黃螟　根据 1953 及 1954 年田間調查結果，黃螟整年为害甘蔗，發生很不規則，世

代疊置，由田間調查資料看來，一年內各世代界限很不清楚。黃螟卵產於蔗葉或葉鞘上，有時蔗莖亦有發現，散產或2、3粒相連。幼虫孵化後，一般由葉鞘蔗芽食入蔗莖。在冬季，田間仍發現黃螟的卵、幼虫和蛹。冬季的幼虫和蛹，一般在蔗莖的地上部或地下部（根据1953年1月至3月調查，在地上部蔗莖內虫數为43.11%，地下部虫數为56.89%）。在甘蔗的嫩芽和腐爛蔗头也有發現。冬期的卵，多產於近地面乾葉鞘上，在一月裏，也有些卵孵化为幼虫。在地下部越冬的幼虫和蛹，全部集中在地面下10厘米以內的蔗莖裏。根据1953年1月至3月的調查，在地面下8厘米以內的有88.9%，在地面下8—10厘米的只有11.1%，沒有發見在10厘米以下的。

大螟 大螟食性很複雜，一年中只是一个時期为害甘蔗，12月間開始在秋植蔗內發現，甘蔗被害後，成枯心苗。一直到了翌年3、4月，宿根蔗新芽抽出後，也發現苗內有大螟为害。在田間幼虫，以4月最多，根据1953年4月中旬調查結果，一千株被害蔗苗內，有大螟幼虫366条，为蔗田裏整年大螟幼虫密度最高的一个時候，在1954年4月上旬裏，一千株被害蔗苗內有大螟幼虫710条，也是幼虫密度最高的一个時候。4月以後，虫口密度銳減，1953年一直到11月，还陸續在蔗田裏有極少量出現。1954年到了7月就不再發見了。4月以後，虫口密度銳減原因，主要是田野裏長出其他作物，可为大螟食料，大螟就遷移过去，在蔗田的數量也就減少了。

由上述各种为害甘蔗螟虫田間發生情況來說，条螟、黃螟和二點螟整年为害甘蔗，大螟为害甘蔗主要是在甘蔗苗期，尤以春季为害秋植蔗为普遍。在冬季甘蔗收穫前，条螟幼虫在蔗鞘內側越冬，二點螟的幼虫和蛹，有一部分在地下蔗莖離地面10厘米以內越冬，黃螟的幼虫和蛹，在冬季藏匿地方，絕大部分和二點螟一样，少數在腐爛蔗头和甘蔗嫩芽藏匿。根据这幾种害虫的冬期習性，我們建議下列的冬季收穫時必要的防虫措施：

1. 低斬收穫——对宿根蔗來說，在收穫時，如果能够斬下地面內10厘米，蔗莖地下部越冬的幼虫和蛹，可全部清除，而且可增加甘蔗的收穫量。根据东莞一帶蔗農經驗，認为低斬甘蔗，翌年分櫱更好。粵中及潮汕區，有些蔗農，利用一种短柄小鋤头來收穫甘蔗，这种小鋤头使用方便，能够斬入蔗莖的地下部分，根据華南農業科学研究所試用結果，認为使用便利且能增加甘蔗收穫量。

2. 清潔蔗田——冬季，黃螟幼虫和蛹除在蔗莖內，也躲在腐爛蔗头和嫩芽。条螟的幼虫在葉鞘越冬，所以冬季蔗田裏遺留的葉鞘，腐爛蔗头和沒有用处的嫩芽，都是窩藏蔗螟的所在，在收穫時应徹底清除，清除的葉鞘及蔗田廢物，可作为堆肥，如果用作燃料，应該在3月以前燒完。

3. 处理蔗头——如果不是宿根蔗，收穫後，要在翌年 3 月以前掘起蔗头。掘起的蔗头，要浸水 3 天，使其中蔗螟全部浸死。蔗头浸後容易晒乾，可作燃料，如果蔗头未經水浸，必須在翌年 3 月以前燒掉，以殺滅其中蔗螟。

(二)甘蔗螟虫羣落田間消長調查

为了解各种蔗螟生活史中各時期出現時間及各季節虫口消長，以作防治的根据，1953 年及 1954 年，曾進行田間調查。調查方法，每五天到蔗田隨意割取有被蔗螟侵害痕跡的蔗苗、無效分蘖和小蔗莖共 200 株，携返室內，檢查其中蔗螟种類、生活史時期及虫數。这种調查方法，只能够檢查蔗螟的幼虫、蛹和卵。蔗螟成虫很難採集，現在还沒有找到一种比較簡便的方法來調查其發生情況。

根据我們調查結果，各种蔗螟的虫口消長情况，特别是幼虫，1953 年和 1954 年有許多相同的地方。条螟幼虫的田間發生，在 1953 年和 1954 年都出現了兩个高峯（圖 9）。一个高峯出現於 5 月間，另一个高峯出現於 10 月或 11 月。6 月至 9 月之間的幾个月，条螟幼虫數都顯著地減少，比高峯時的虫口數減少 4、5 倍，而且作波浪式的消長，振幅差不多都相等。

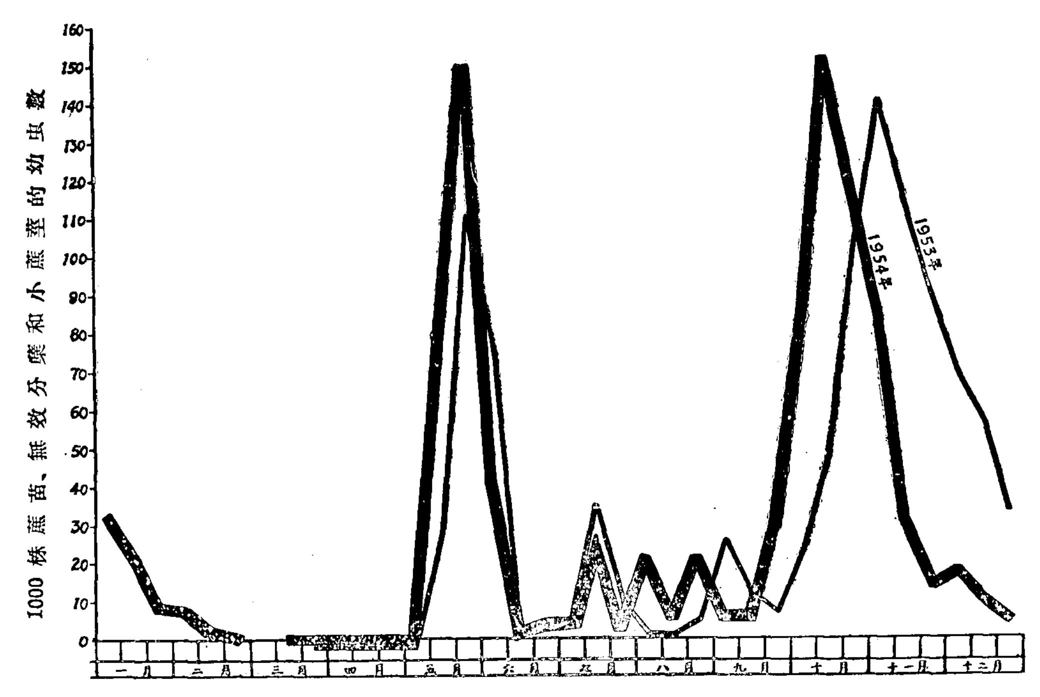


圖 9 1953 年和 1954 年条螟幼虫虫口的消長

再看二點螟兩年來發生情況，也有很多相似的地方(圖 10)。5 月以後，幼虫虫口忽急剧上昇。5 月至 10 月間的幾个月，是一年中虫口密度最高的時期。1953 年以 7、8、

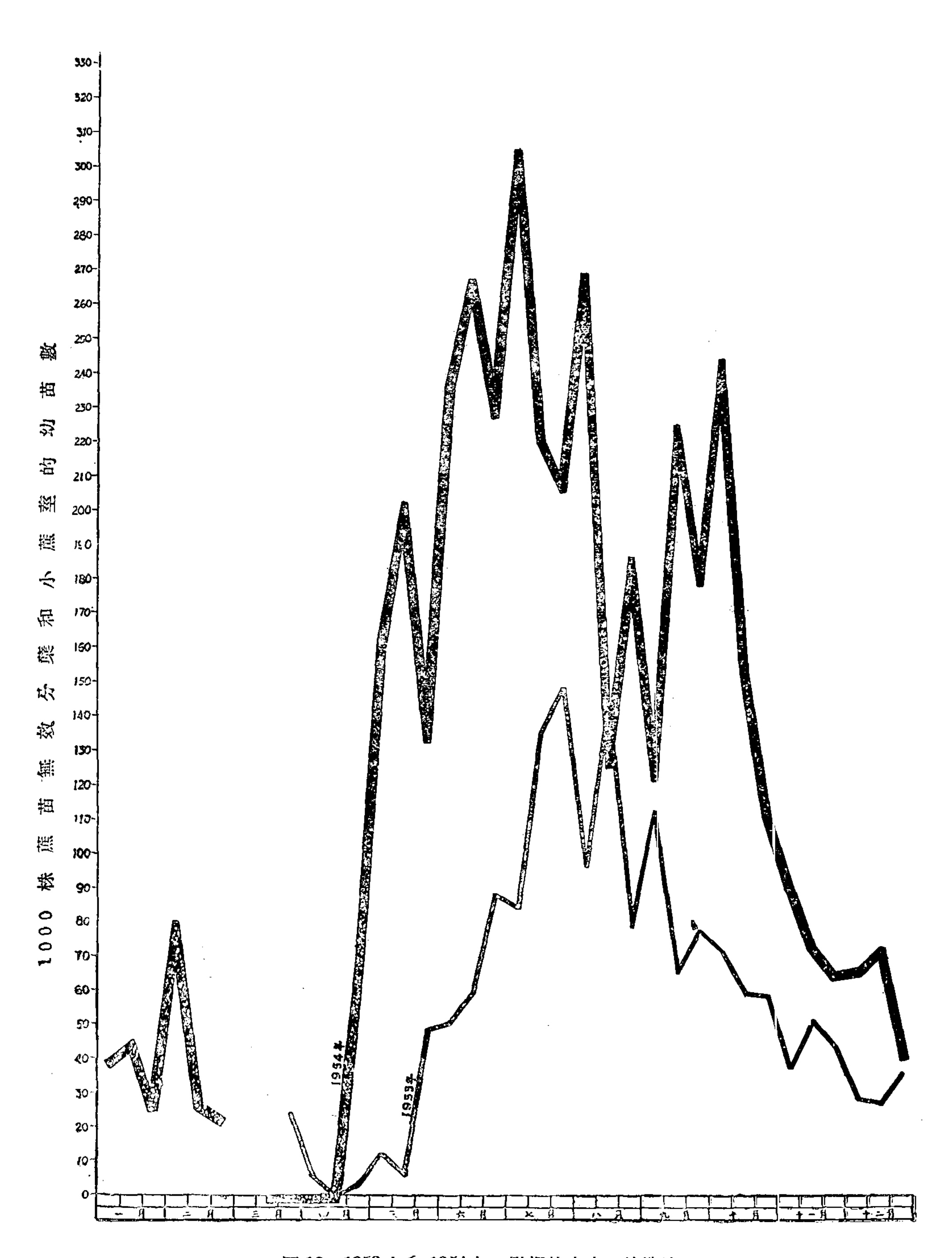


圖 10 1953 年和 1954 年二點螟幼虫虫口的消長

9 月的密度最高，1954 年以 6、7、8 月的密度最高。每年 10 月以後，虫口密度減低，進入冬季，虫口數量变遷比較平穩。黄螟兩年來發生情況，也有很多相似的地方(圖 11)。而且 1953 和 1954 兩年的虫口消長曲線，和条螟的接近，同样地出現兩个遙遙相对的高峯，一个高峯出現於 5 月(1953)，另一高峯出現於 12 月、6 月至 11 月間的幾个月，虫口密度大減，並作不对称式的消長。黄螟的田間發生最特別的地方，是在冬季出現一次虫口的突增現象（即 12 月的高峯），大螟在蔗田裏發生和消長情況，較为特殊。大螟在冬期，由其他作物移到秋植蔗田去，为害秋植蔗苗，春植蔗和宿根蔗，在發芽以後，才去侵食。大螟在蔗田裏的虫口密度，以 4 月份最高，以後密度銳減，主要原因是轉移去食害其他作物，並非受气候或天敌因素而減低其密度。

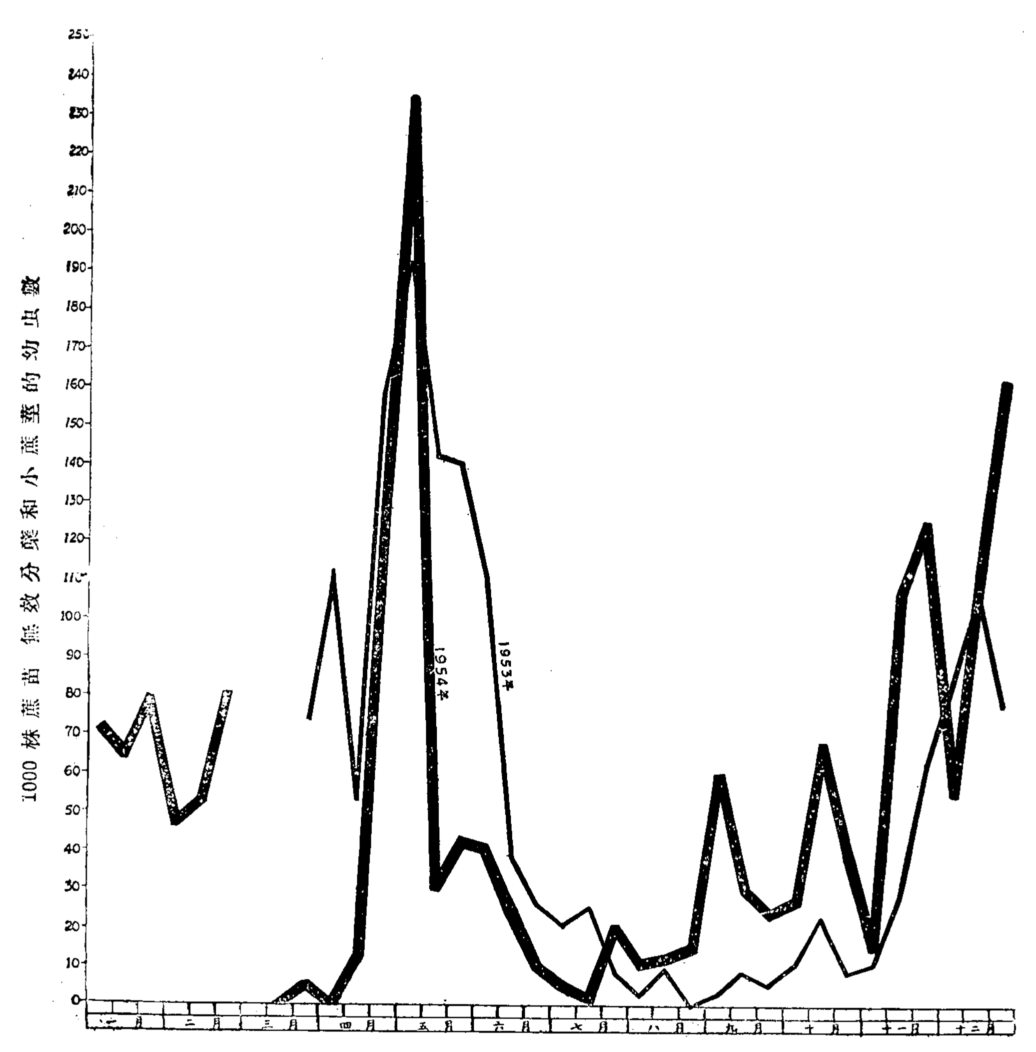


圖 11　1953 年和 1954 年黄螟幼虫虫口的消長

幾种蔗螟兩年間在田間發生,从其數量的变異來看,有其發生的規律性,究竟这种規律受什麼因素所控制?因为我們的調查工作,还不够全面、細緻,所以还沒有足够的資料,來完滿地分析这个問題。

条螟、黄螟和二點螟在春季第一世代的幼虫密度增長很快;条螟和黄螟在这个時候形成了一年內虫口消長曲線的第一个高峯,这个峯在黄螟是一年裏兩个峯最高的一个。二點螟幼虫數量,在这个季節,虽然不是增到最高,但也可見其突然增高的現象,在1954年的虫口消長曲線,表現得更加清楚,春季蔗螟幼虫增加的原因,根据我們調查結果,卵寄生率低是一个重要因素。

根据1954年在華南農業科学研究所岑村場地,田間蔗螟卵寄生率調查結果,螟卵在4月間開始出現,該時的卵寄生率較低,以後寄生率逐漸增高,如1954年4月份黄螟卵寄生率为28%,条螟卵寄生率为32%;5月份黄螟卵寄生率就提高到59%,条螟卵寄生率提高到90%;6月份黄螟卵寄生率達64.9%,条螟卵寄生率为80%;1955年4月份的二點螟卵和黄螟卵的寄生率为0%,5月份二點螟卵寄生率为11.3%,黄螟为2.5%。由上項調查資料看來,春間蔗田裏的蔗螟卵寄生率是比較低的,这个現象应該是蔗螟第一代高度發生原因之一。在春間有計劃地釋放赤眼蜂去防治蔗螟,也应該是一个合理的防治措施。

摘 要

甘蔗是我國最重要的糖料作物,甘蔗害虫以甘蔗螟虫最普遍,分佈亦最廣。廣东珠江三角洲常見的甘蔗螟虫共有四种:条螟或称斑點螟(*Diatraea venosata* Wk.)、二點螟(*Chilo infuscatellus* Snellen)、黄螟(*Eucosma schistaceana* Snellen)和大螟(*Sesamia inferens* Wk.)。甘蔗螟虫为害的結果,形成枯心苗和蛀莖,影响甘蔗生長發育,減低蔗糖成份,易受風折,而且造成甘蔗赤腐病菌入侵条件。

甘蔗螟虫的为害虽重,但目前还沒有一套完整的防治方法,也还沒有一种很有效的方法。本試驗目的,是利用赤眼蜂來防治甘蔗螟虫。試驗內容是赤眼蜂的寄主的選擇和繁殖、赤眼蜂的繁殖及保存、赤眼蜂田間放播初步試驗和甘蔗螟虫田間發生情況的調查。現將各項試驗結果簡要地分述如下:

赤眼蜂能否利用成功,要看培育出來的赤眼蜂是否具有高度的生活力。赤眼蜂的生活力可用下列四个标準去量度:(1)蜂体大小,(2)繁殖能力,(3)成虫寿命,(4)对田間环境的適应性。此外,繁殖出來的赤眼蜂雌性比率不应比自然界的減低。

赤眼蜂的生活力,首先和寄主有很大關係。如果寄主卵的內含物的質和量都適合

於赤眼蜂幼虫营养之需，羽化出來的成虫体積大，繁殖力强，寿命也有延長的趨势。關於赤眼蜂的寄主，我們曾用过 17 种鱗翅目昆虫的卵供其寄生，結果以松毛虫(*Dendrolimus* sp.)和蓖麻蚕(*Attacus cynthia ricini* Boisd.)卵为最优良的寄主，过去各國普遍用來繁殖赤眼蜂的麥蛾 (*Sitotroga cerealella* Oliv.) 卵是不良的寄主。由松毛虫卵或蓖麻蚕卵羽化出來的赤眼蜂，体長而活躍，繁殖力强，雌性比率在繁殖过程中不減低，而且这兩种寄主卵体積較大，一个松毛虫卵平均能羽化 23.7 头赤眼蜂，最高可達 52 头，一个蓖麻蚕卵平均可羽化 28 头赤眼蜂，最高可達 59 头。松毛虫卵和蓖麻蚕卵產下後 1、2 天內，在 0—4°C 低温下冷藏，經过 97 天(松毛虫卵)和 61 天(蓖麻蚕卵)，仍可供赤眼蜂寄生之用。由麥蛾卵羽化出來的赤眼蜂，体小而羸弱，繁殖力低，雌性比率在繁殖过程中逐漸低減，而且一个麥蛾卵只能羽化一头赤眼蜂，兼之新鮮麥蛾卵在 0—4°C 冷藏 26 天便不能应用。所以，对於赤眼蜂营养的質量和寄主卵本身的低温保存持久性來說，松毛虫卵和蓖麻蚕卵是远勝於麥蛾卵的。在寄主的飼育管理上，蓖麻蚕比松毛虫方便。所以，利用蓖麻蚕卵來繁殖赤眼蜂是比較方便的。

赤眼蜂的生活力，和複寄生數也有很大關係，因为複寄生數目的多少，直接影响了赤眼蜂营养的量。所以，要繁殖出生活力强的赤眼蜂，在繁殖过程中应該控制複寄生數。控制複寄生數的办法是在繁殖的時候，赤眼蜂雌蜂數和寄主卵數（松毛虫卵）的比率为 1:1，產卵時間不超过 24 小時。

寄生蜂成虫的营养也非常重要，經过了六种糖的飼料試驗，結果以用蜜糖喂飼成虫，能够延長寿命至 8.6 倍，繁殖力增加至 14.7 倍。

为保持赤眼蜂对田間环境的適应性，尽可能在田間繁殖赤眼蜂。室內繁殖赤眼蜂，应該在变温条件下進行。而且，人工繁殖赤眼蜂，不要超过五代就要放到田間去。

如果要累積赤眼蜂，冷藏处理是一个好办法。寄生在松毛虫卵的赤眼蜂，發育到老熟幼虫的時候，移到 4—7°C 低温下冷藏 57 天，可全部羽化，冷藏 82 天，能羽化84.8%。在寄生蜂將羽化時，在 0—3°C 低温下冷藏 10—15 天以內，生活力还很正常。

赤眼蜂能行孤雌生殖。一个寄主卵羽化出來的，如果全部为雌蜂，这些雌蜂行孤雌生殖結果，其子代均为雄蜂。如果一个寄主卵羽化出來的有雌有雄，这些雌蜂行孤雌生殖，結果子代蜂有雌蜂和雄蜂。

赤眼蜂在田間的擴散能力，隨風向及風速而变異，在風速每秒1.1—2.2公尺的時候，赤眼蜂的寄生有效半徑是 17 公尺。

關於赤眼蜂在田間的效能，我們曾做过一个初步試驗。在每畝蔗田內放播赤眼蜂 10,800 头，放播後 5 天，黄螟卵寄生率由 55.2% 提高到 91.3%，条螟卵寄生率由 60%

提高到98.3%。距离放蜂區一里外的对照蔗田，黄螟卵寄生率是61.6%，条螟卵寄生率是76.3%。

为了提高赤眼蜂的田間效能和配合赤眼蜂的放播，我們於1953年和1954年曾調查廣州甘蔗螟虫的田間動态和蔗螟卵寄生率。条螟以幼虫在葉鞘內側結薄繭越冬，每年發生約四代，兩年來幼虫的田間發生，出現了兩个高峯，一个現於5月間，另一个現於10月或11月間。二點螟以幼虫或蛹在蔗莖地上部或地下部越冬，兩年來田間發生的世代疊置，但幼虫的發生，以7、8、9月或6、7、8月密度最大，10月以後密度減低。黄螟在冬季有卵、幼虫和蛹。在冬季，黄螟卵多產於近地面乾葉鞘上，幼虫和蛹在蔗莖的地上部或地下部，在甘蔗的嫩芽和腐爛蔗头裏也有發現。兩年來黄螟田間發生的世代疊置，但幼虫的發生，兩年來都是出現了兩个高峯，一个高峯出現於5月，另一个高峯出現於12月。大螟食性複雜，一年中只是一个時期为害甘蔗，一般为害秋植蔗較甚，12月至翌年9月，都可在蔗田找到大螟幼虫，以4月虫口密度最大，4月以後，密度銳減。

田間蔗螟卵的寄生率，在春季產卵初期，寄生率較低，以後寄生率逐漸上升，如1954年4月份在低地蔗田，黄螟卵寄生率是28%，条螟卵寄生率是32%。5月份黄螟卵寄生率達59%，条螟卵寄生率達90%。在山崗地區的蔗田，一般在早春寄生率很低，1955年5月份的二點螟卵寄生率只達11.3%，黄螟卵僅2.5%。根据蔗螟卵寄生率調查結果，从早春起，有計劃地放播赤眼蜂以防治蔗螟，应該是必要的措施了。

参 考 文 献

[1] 祝汝佐 1933 桑蟥卵寄生蜂之考查及其在杭州之放飼試驗浙江省昆虫局年刊 3: 164—171。

[2] 祝汝佐、胡永錫 1936 赤眼蜂生活史研究浙江省昆虫局年刊 1935: 164—177。

[3] 張若芷 1947 成都三化螟寄生蜂之研究四川科学農業 1(1): 33—74。

[4] 蒲蛰龍、陈守坚、洪福昌 1952 甘蔗鑽心虫赤眼蜂繁殖試驗。(未發表)

[5] 黎國燾 1936 甘蔗鑽心虫赤眼卵寄生蜂之蕃殖昆虫問題 1(6): 8—10。

[6] 黎國燾 1937 廣东甘蔗螟虫赤眼卵寄生蜂之观察昆虫問題 2(1—2): 2—3。

[7] 鄭漢業 1953 廣东晚造水稻三化螟虫卵之寄生蜂保護利用初步試驗昆虫学報 3(3): 289—307。

[8] Горецкая, И. Н. 1940. Результаты применения трихограммы азербайджанской расы в борьбе с хлопковой совкой на хлопчатнике в Азербайджанской ССР. *Вестн. защ. раст.* №1—2, 166—172.

[9] Ковалева, М. Ф. 1954. Пути повышения эффективности трихограммы в борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур. *Зоологический журнал* 33 (1): 77—86.

[10] Лапина, В. Ф. 1939. Сроки хранения трихограммы (*Trichogramma evanescens* Westw.) в зависимости от температуры и влажности. *Вестн. защ. раст.* № 19: 67—73.

[11] Мейер, Н. Ф. и Тюменева, В. А. 1940. Влияние сменных температур на сроки развития, плодовитость и соотношение полов у трихограммы (*Trichogramma evanescens* Westw.). *Вестн. защ. раст.* № 1—2, 153—160.

[12] Никитина, Т. Ф. 1940. Применение трихограмма против капустной совки. (*Barathra brassicae* L.). *Вестн. защ. раст.* № 3: 83—84.

[13] Сухоруков, Н. Н. 1953. Паразит-яйцеед и опыт его применения в борьбе с крестоцветными клопами. Защита овощных культур от вредителей и болезней. Сельхозгиз.

[14] Clausen, C. P. 1940. Entomophagus Insects. New York. McGraw-Hill Book Co. 688 pp.

[15] Cleare, L. D., Jr. 1929. Moth borer control in British Guiana. *Cong. Ent. Trans.*, pp. 131—137.

[16] Hinds, W. E., Osterberger, B. A., & A. L. Dugas. 1933. Review of six seasons' work in Louisiana in controlling the sugar cane moth borer by field colonization of its egg parasite *Trichogramma minutum* Riley. *La. Agr. Expt. Sta. Bull.* 235, 36 pp.

[17] ———— Osterberger, B. A., & A. L. Dugas. 1934. Sugar cane moth borer control by *Trichogramma minutum* Riley. Report on experimental work for 1933. *La. Agr. Expt. Sta. Bull.* 248, 34 pp.

[18] Isaac, P. V. 1946. Report of the Imperial Entomologist. Sci. Rep. Agric. Res. Inst. New Delhi 1944—45, pp. 73—79. (Ref. Rev. Appl. Ent.)

[19] Jaynes, H. A. & E. K. Bynum, 1941. Experiments with *Trichogramma minutum* Riley as a control of the sugarcane borer in Louisiana. U. S. D. A. Tech. Bull. 743, 43 pp.

[20] Seshagiri Rao, D. 1936. Sugarcane borer control through its natural enemy in the Irwin Canal Tract. Mysore agric. Cal. 1936, p. 25. (Ref. Rev. Appl. Ent.)

[21] Smyth, E. G. 1939. *Trichogramma* proves itself in sugarcane borer control. *Int. Soc. Sug. Cane Tech. Congr. Proc.* 6: 367—377.

[22] Subramaniam, T. V. 1937. Preliminary experiments on the mass production of *Trichogramma* parasites for control against sugarcane borers in Mysore. *Indian J. Agr. Sci.* 7 (1): 149—155. (Ref. Rev. Appl. Ent.)

[23] Tucker, R. W. E. 1950. A twenty-year record of the biological control of one sugarcane Pest. *Int. Soc. Sug. Cane Tech. Congr. Proc.* 7: 343—354.

ON THE REARING OF *TRICHOGRAMMA EVANESCENS* WESTW. AND ITS UTILIZATION FOR THE CONTROL OF SUGAR CANE BORERS

Pu Chih-iung & Tang Te-hai

South-China Agricultural College

Liu Chih-cheng, Hung Fu-chang & Mo Yu-shih

South-China Agricultural Research Institute

Sugar cane borers infest the cane and cause a considerable injury to the plant in China. Four species of sugar-cane borers are commonly found in Kwangtung Province, viz. *Diatraea venosata* Wk., *Chilo infuscatellus* Snellen, *Eucosma schistaceana* Snellen and *Sesamia inferens* Wk.

Trichogramma evanescens Westw. occurs in nature as an egg parasite of the sugar-cane borers.

The present experiment on breeding *Trichogramma* centres around the ways of increasing its viability.

The quality and the quantity of the nutrient for the larvae and adults of *Trichogramma* play an important role in relation to their viability. The contents of the egg of *Sitotroga cerealella* Oliv. which has been commonly used as a host of the *Trichogramma* are of poor nutrient quality and quantity for the larvae of this parasite. The eggs of Angoumois grain moth are so small that only one adult *Trichogramma* emerges from each egg. Such adults are usually smaller in size, less active and with lower reproductive potentiality as compared with those that emerge from the field hosts; besides, the female sex ratio gradually decreases in the successive generations.

From the results of an experiment on *Trichogramma* breeding, it is found that the eggs of *Attacus cynthia ricini* Boisd. and of *Dendrolimus* sp. are the most suitable hosts for the propagation of *Trichogramma evanescens*. The adults of the parasites emerging from such eggs are generally large in size, very active and possess high reproductive potentiality; besides, the female sex ratio remains unchanged in the successive generations. Evidently, the quality and the quantity of the egg contents of these two species of insects fulfil the nutritional requirements for the development of the *Trichogramma* larvae and they are recommended as hosts for *Trichogramma* propagation

The average number of adult *Trichogramma* emerging from a single egg of *Dendrolimus* sp. and that of *Attacus cynthia ricini* is 27.3 and 28 respectively with the respective maximum reaching 52 and 59 in the present record. If too many adults emerge from a single egg, both their size and reproductive potentiality would decrease and, moreover, the number of the male individuals would increase and the adult life would shorten. Undoubtedly, all these features are unfavourable for the utilization of the parasites for control of the insect pest as far as the effectiveness of the parasites is concerned. From the standpoint of increasing viability of the parasite, regulation of the number of parasites in the egg during the procedure of propagation

of *Trichogramma* is necessary. Regulation of the number of parasites in the egg means regulation of the quantity of the nutrient for the parasites. The method of checking the occurrence of superparasitism is to regulate the ratio of the number of female *Trichogramma* and host eggs to 1:1 through the procedure of propagation; the period of oviposition should not exceed one day.

The quality of nutrient for adult *Trichogramma* greatly affects its longivity and reproductive potentiality. The result of a nutritional experiment shows that honey is the most suitable nutrient for it. The adults fed with honey have the longivity increased 8.6 times and the number of the offspring 14.7 times as compared with those fed with distilled water.

Cold storage effectively reduces the speed of development of the immature stage of *Trichogramma.* The mature larvae about to pupate within the host eggs maintain their life for 57 days under 4—7°C and all of them will come out as adults at room temperature. The fresh eggs of *Dendrolimus* sp. and of *Attacus cynthia ricini* kept in cold storage of 0—4°C for 97 days and 61 days respectively are still usable for rearing *Trichogramma.*

In order to increase the adaptability of *Trichogramma* to the environment of the sugar-cane field, the rearing procedure is suggested to proceed in the field or in an indoor environment with fluctuating temperature and humidity. The continuous artificial rearing should not exceed five generations before the liberation of the parasites.

The distance of dispersion of *Trichogramma evanescens* in the sugar-cane field is 17 m at a wind velocity of 1.1—2.2 m per second.

The results of a preliminary field test showed that the percentage of parasitization of the eggs of *Eucosma schistaceana* and of *Diatraea venosata* increased from 55.2% and 60% respectively to 91.3% and 98.3% five days after the liberation of *Trichogramma* at 10,800 individuals per 666.2 square meters.

In 1953 and 1954, a high population level of sugar-cane borers in the field of South-China Agricultural Research Institute appeared in May with fluctuating levels through the year. The population of the borers declined after December and the larvae entered the hibernating period. The percentage of parasitization of the eggs of the sugar-cane borers was low in spring but gradually increased as the time proceeded. It is suggested that the liberation of *Trichogramma* as a control of sugar-cane borers be carried out from spring of each year.